

TRABALHO DE GRADUAÇÃO

**DESENVOLVIMENTO DOS MÓDULOS  
ENVASADOR E EMPACOTADOR DE  
UMA BANCADA DIDÁTICA**

Luis Henrique Vieira Amaral

Diego Nunes de Carvalho

Brasília, dezembro de 2016



**ENGENHARIA  
MECATRÔNICA**  
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
Faculdade de Tecnologia  
Curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação

TRABALHO DE GRADUAÇÃO  
DESENVOLVIMENTO DOS MÓDULOS  
ENVASADOR E EMPACOTADOR DE  
UMA BANCADA DIDÁTICA

Luis Henrique Vieira Amaral

Diego Nunes de Carvalho

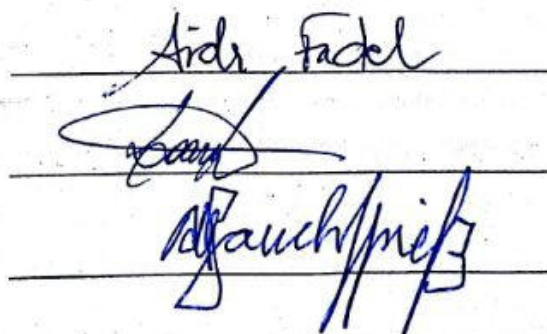
*Relatório submetido como requisito parcial de obtenção  
de grau de Engenheiro de Controle e Automação*

Banca Examinadora

Prof. Aida Fadel, ENM/UnB  
*Orientador*

Prof. Lélío Ribeiro Soares Júnior, ENE/UnB  
*Examinador interno*

Prof. Adolfo Bauchspiess, ENE/UnB  
*Examinador interno*



Brasília, dezembro de 2016

## FICHA CATALOGRÁFICA

AMARAL, LUIS H. V.

CARVALHO, DIEGO NUNES.

Desenvolvimento dos Módulos Envasador e Empacotador de uma Bancada Didática,  
[Distrito Federal] 2016.

61p., 297 mm (FT/UnB, Engenheiro, Controle e Automação, 2016). Trabalho de Graduação –  
Universidade de Brasília.Faculdade de Tecnologia.

1. Módulo Envasador

2. Módulo Empacotador

3. Automação de Processos

4. Controlador Lógico Programável

I. Mecatrônica/FT/UnB

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AMARAL, L. H. V., CARVALHO, D. N. (2016). Desenvolvimento dos Módulos Envasador e Empacotador de uma Bancada Didática. Trabalho de Graduação em Engenharia de Controle e Automação, Publicação FT.TG-*n*º042, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 61p.

## CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Luís Henrique Vieira Amaral e Diego Nunes de Carvalho

TÍTULO DO TRABALHO DE GRADUAÇÃO: Desenvolvimento dos Módulos Envasador e Empacotador de uma Bancada Didática.

GRAU: Engenheiro

ANO: 2016

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias deste Trabalho de Graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desse Trabalho de Graduação pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

---

Luís Henrique Vieira Amaral e Diego Nunes de Carvalho

SHDB QL 32 Conjunto 1, número 17, Lago Sul.

71676-105 Brasília – DF – Brasil.

## **Dedicatórias**

*Dedico esse trabalho aos meus pais Odon e Celsa, por toda paciência e apoio nas minhas decisões.*

*Diego Nunes de Carvalho*

*Dedico a todos que ajudaram nesse trabalho.*

*Luis Henrique Vieira Amaral*



## Agradecimentos

*Agradecimentos!*

*Luis Henrique Vieira Amaral*

*Agradeço a todos os professores que passaram por minha carreira acadêmica e me ensinaram lições valiosas.*

*Si Vis Pacem Para Bellum.*

*Diego Nunes de Carvalho*

---

## RESUMO

Este trabalho de graduação apresenta o estudo, concepção, projeto, comissionamento e testes dos módulos, envasador e empacotador para complementar um sistema didático de automação de processos de manipulação de medicamentos. Estes módulos serão adicionados à bancada tampadora que o Laboratório de Sistemas Hidráulicos e Pneumáticos (LSHP) recebeu como doação do SENAI, e que estão sofrendo *retrofitting* como objeto de outro TG. Para reduzir os custos, as estruturas mecânicas e elétricas serão montadas reutilizando vários componentes. Para este desenvolvimento serão utilizados alguns sensores, atuadores pneumáticos, um motor DC para a esteira e um Controlador Lógico-Programável (CLP). O sistema de automação final ficará disponível para os estudantes de certas disciplinas de controle e automação no LSHP.

Palavras Chave: : automação; envasadora; empacotadora;CLP; Ladder;

---

## ABSTRACT

This graduation project presents the study, simulation, design and development of two modules for an automation didactic system of potting and packing medicines. These modules will be added to the didactic sealing module, that the Laboratory of Hydraulic and Pneumatic Systems (LSHP) received as a donation from SENAI, and than a medicine automatized plant will be completed. To reduce the costs, the mechanical and electrical structure will be assembled reusing several components. For this development it will be necessary some sensors, pneumatic actuators, a DC motor to the conveyor and a Programmable Logic Controller (PLC). The final automation system will stay available to students in certain courses of control and automation at LSHP.

Keywords: automation; filler; packer; PLC;Ladder;

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO .....	1
1.2	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA .....	2
1.3	JUSTIFICATIVA .....	2
1.4	OBJETIVOS DO PROJETO .....	2
1.4.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
<b>2</b>	<b>PROPOSTA DE BANCADA DIDÁTICA INDUSTRIAL.....</b>	<b>4</b>
2.1	AVALIAÇÃO DO CENÁRIO INDUSTRIAL.....	4
2.1.1	<i>Buffer</i> DE GARRAFAS.....	4
2.1.2	ESTEIRA TRANSPORTADORA .....	4
2.1.3	MÁQUINA ENVASADORA .....	6
2.1.4	MÁQUINA TAMPADORA .....	6
2.1.5	MÁQUINA EMPACOTADORA.....	6
2.2	FERRAMENTAS DE AUTOMAÇÃO.....	6
2.2.1	ELEMENTOS DE AUTOMAÇÃO.....	8
2.2.2	SISTEMAS HIDRÁULICOS E PNEUMÁTICOS .....	10
2.2.3	INSTRUMENTAÇÃO PARA CONTROLE.....	13
2.3	APRESENTAÇÃO DO PROTÓTIPO PROPOSTO .....	13
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>14</b>
3.1	METODOLOGIA .....	14
3.2	MÓDULO ENVASADOR.....	14
3.2.1	ESTRUTURA DO BICO INJETOR.....	15
3.2.2	DIAGRAMA PNEUMÁTICO .....	17
3.2.3	PROJETO NO SOLIDWORKS .....	17
3.2.4	DIAGRAMA ELÉTRICO.....	21
3.2.5	LADDER .....	21
3.3	MÓDULO EMPACOTADOR .....	23
3.3.1	DESCRIÇÃO DE FUNCIONAMENTO .....	24
3.3.2	MATERIAIS .....	24
3.4	DIAGRAMA PNEUMÁTICO .....	24
3.5	PROJETO NO SOLIDWORKS .....	26

3.5.1	DIAGRAMA ELÉTRICO.....	28
3.6	CLP E LÓGICA LADDER.....	28
3.7	COMPONENTES UTILIZADOS NO DESENVOLVIMENTO .....	32
3.7.1	ARDUINO UNO .....	32
3.7.2	KIT ZTK900 .....	33
3.7.3	<i>Microstep Driver</i> .....	38
3.7.4	MOTOR DE PASSO .....	38
3.7.5	SENSORES ÓPTICOS REFLEXÍVOS .....	39
3.7.6	MÓDULO DE RELÉS .....	40
3.8	PREPARAÇÃO DO AMBIENTE DE PROGRAMAÇÃO LADDER .....	46
<b>4</b>	<b>TESTES REALIZADOS E RESULTADOS OBTIDOS .....</b>	<b>49</b>
4.1	ANÁLISE ECONÔMICA .....	49
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS.....</b>	<b>52</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>53</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>55</b>
I.1	DESCRIÇÃO DO CONTEÚDO DO CD .....	60
I.2	PROGRAMAS UTILIZADOS .....	61

# LISTA DE FIGURAS

2.1	Diagrama do Processo Industrial .....	4
2.2	Buffer de Garrafas. [1] .....	5
2.3	Esteira Flexível. [2] .....	5
2.4	Esteira fixa de correia. [2] .....	6
2.5	Máquina envasadora. [3] .....	7
2.6	Máquina tampadora por pressão. [4] .....	7
2.7	Máquina empacotadora. [5] .....	8
2.8	Estrutura básica de um CLP. [6] .....	10
2.9	Ciclo de processamento do CLP. [6] .....	11
2.10	Símbolos comumente utilizados na programação Ladder. [6] .....	11
2.11	Ilustração de unidade de fresagem pneumática. [17] e Sistema de transporte pneumático. [17] .....	12
2.12	Prensa Hidráulica. [18] .....	12
2.13	Diagrama da bancada de processo com os três módulos conectados.....	13
3.1	Diagrama simplificado do bico injetor .....	16
3.2	Luva de 1/2", Bico de torneira comum e Bico Injetor Montado.....	16
3.3	Cilindro pneumático e válvula 3/2 para movimentação do bico injetor.....	17
3.4	Cilindro pneumático e válvula 5/2 para inserção de garrafas na esteira .....	18
3.5	Desenho do módulo envasador feito no SolidWorks.....	19
3.6	Esquemático do módulo envasador .....	20
3.7	Diagrama de ligações elétricas do módulo envasador Arduino Uno + CLP ZAP900...	21
3.8	Disposição dos sensores ópticos na esteira do módulo envasador .....	22
3.9	Lógica Ladder para inserir garrafas na esteira .....	22
3.10	Diagrama no tempo das operações sequenciais para inserir garrafas .....	23
3.11	Lógica Ladder para posicionar o bico injetor .....	23
3.12	Diagrama no tempo das operações sequenciais para posicionar o bico injetor .....	24
3.13	Válvula pneumática 5/2 acionada por solenóide e retornada por mola .....	25
3.14	Diagrama Pneumático módulo empacotador .....	26
3.16	Vista superior com numeração para descrição dos componentes .....	26
3.15	Vista Isométrica do módulo empacotador .....	27
3.17	Diagrama do sistema elétrico da máquina empacotadora .....	28
3.18	CLP ZAP900 recebe os sinais dos sensores e faz o controle dos atuadores .....	29
3.19	Programa em Ladder da empacotadora. (Tabela: 3.7) .....	31

3.20	Diagrama no tempo das operações sequenciais para o módulo empacotador.....	33
3.21	Placa de desenvolvimento Arduino Uno. [7] .....	34
3.22	Kit didático ZTK900. [8] .....	34
3.23	Entradas e saídas digitais do kit ZTK900. [8].....	35
3.24	Entradas e saídas analógicas do kit ZTK900. [8] .....	35
3.25	Interface homem maquina IHM e Sinais que facilitam o acoplamento ao processo. [8]	35
3.26	Sensores e atuadores digitais e analógicos que podem ser acoplados ao ZTK900. [8] ..	36
3.27	Canais de comunicação e fonte de alimentação do ZTK900. [8] .....	36
3.28	Ambiente de programação SPDSW e OPPE para kit ZTK900. [8] .....	37
3.29	CLP ZAP900. [9] .....	37
3.30	Driver do motor de passo.....	38
3.31	Motor de passo .....	38
3.32	Sensor óptico reflexivo TRTC5000 .....	39
3.33	Representação esquemática do funcionamento do sensor. [10] .....	39
3.34	Esquemático do TCRT5000. [11] .....	40
3.35	Módulo com quatro relés para envio de sinal do Arduino para o CLP Fabricante Songle.....	41
3.36	Válvula solenóide. [13] .....	42
3.37	Sensor de Fluxo modelo: YF-S201. [12] .....	43
3.38	Detalhes de um servo motor. [14] .....	44
3.39	Pulso em um servo motor. [14].....	45
3.40	Servo motor escolhido para o fechamento da caixa. [15].....	45
3.41	Regulador de tensão LM7805. [16] .....	46
3.42	Características do regulador de tensão LM7805. [16].....	46
3.43	Características da corrente do regulador de tensão LM7805. [16].....	46
3.44	Tela de configuração de rede do Windows para comunicar com o CLP via Ethernet ..	47
3.45	Tela de interface de programação do SPDSW .....	47
3.46	Parâmetros do setup de comunicação do SPDSW com o CLP ZAP900 .....	48
4.1	Foto do módulo envasador comissionado .....	51
1	Cotação da Vista Frontal Empacotadora .....	55
2	Cotação da Vista Superior Empacotadora .....	56
3	Cotação da Vista Frontal Envasadora .....	57
4	Cotação da Vista Lateral Envasadora .....	58
5	Cotação da Vista Superior Envasadora .....	59

# LISTA DE TABELAS

3.1	Tabela de sinais do pistão pneumático do bico injetor .....	17
3.2	Tabela de sinais do pistão pneumático de inserção de garrafas. ....	18
3.3	Tabela da Relação descritiva dos componentes do módulo da estação. ....	20
3.4	Lista de materiais módulo empacotador .....	25
3.5	Tabela de símbolos diagrama pneumático .....	25
3.6	Tabela de descrição do módulo empacotador. ....	27
3.7	Tabela de descrição do Ladder da máquina empacotadora.....	32
4.1	Tabela de custos com materiais para construção da máquina empacotadora.....	50

# LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

## Subscritos

<i>ref</i>	referência
<i>fer</i>	ferramenta
<i>sis</i>	sistema
<i>des</i>	desejado

## Sobrescritos

·	Variação temporal
—	Valor médio

## Siglas

PCI	<i>Peripheral Component Interconnect</i>
CPU	Unidade Central de Processamento - <i>Central Processing Unit</i>
AO	Saída Analógica - <i>Analog Out</i>
DO	Saída Digital - <i>Digital Out</i>
CS	Seletor de <i>Chip</i> - <i>Chip Select</i>
SC	Sem Conexão
P.I.	Placa de Interface
ICW	<i>Initialization Command Words</i>
OCW	<i>Operational Control Word</i>
IHM	<i>Interface Homem Máquina</i>
CLP	<i>Controlador Lógico Programável</i>
PWM	<i>Pulse Width Modulation</i>



# Capítulo 1

## Introdução

*Este capítulo aborda uma contextualização do projeto, envolvendo cenário, justificativa, definição do problema e objetivos buscados*

### 1.1 Contextualização

Atualmente a automação está presente em quase todos os processos industriais sejam eles de pequeno, médio e grande porte. Parte desse avanço se deve às vantagens que a automação pode oferecer, dentre elas:

- **Maior Produtividade:** Procedimentos manuais repetitivos e enfadonhos podem ser absorvidos pelos sistemas desenvolvidos com a constante necessidade de atender a demandas cada vez mais elevadas e em curtos períodos de tempo;
- **Medições e controle de qualidade mais confiáveis:** o uso de sensores facilita e garante a inspeção do produto por todas as etapas de produção, melhorando assim a sua qualidade final e agregando valor ao produto;
- **Garante a padronização do processo:** Em processos manuais, não automatizados, a padronização dos produtos depende exclusivamente dos trabalhadores que o executam e como sabemos essas regras podem ser quebradas e facilmente desobedecidas;
- **Baixo custo:** O custo de implementação das máquinas automatizadas pode ser elevado, porém o resultado desse investimento na reestruturação da cadeia de processo pode ser recuperado em um curto espaço de tempo;

Sistemas de envasamento são utilizados em diversos setores no ramo industrial, dentre eles, indústrias alimentícias, cosmética e farmacêutica. Os produtos passam por esse sistema afim de leva-los à comercialização.

## **1.2 Definição do Problema**

Empresas alimentícias e farmacêuticas buscam homogeneidade nos produtos envasados e uma produção em larga escala. Pensando nisso, manter uma grande linha de produção de determinada fábrica somente com trabalhos manuais fica inviável. Como esse processo manual é muito cansativo para o operador a automação se faz necessária para diminuir e prevenir a LER (Lesão por Esforço Repetitivo) e aumentar a capacidade de produção. A máquina empacotadora também se faz necessária pelos mesmos motivos listados acima com o adicional de fornecer capacidade de armazenamento e coordenação da logística aplicada à distribuição dos produtos aos centros comerciais que revenderão estes para o consumidor final. Apesar de um alto custo inicial para a implementação de uma linha de produção totalmente automatizada, o mesmo se faz necessário e o payback é garantido em poucos anos.

No caso da planta didática desenvolvida neste projeto, outro problema que aparece na universidade é a falta de contato dos alunos de graduação com laboratórios abertos para todos terem o contato com CLPs. Acredita-se que Automação Industrial deveria ser mais coberta pelos alunos do curso de Engenharia de Controle e Automação e o contato com aulas práticas e laboratórios bem equipados trariam muitas vantagens para os futuros estudantes.

## **1.3 Justificativa**

Necessidade de uma bancada didática para utilização dos estudantes com a finalidade dos alunos poderem aplicar seus conhecimentos na pratica laboratorial. Escassez de recursos, realizando um projeto viável, com materiais reutilizados de forma a minimizar o custo final do produto e aplicar os conhecimentos de engenharia de Controle e Automação adquiridos ao longo dos anos. Oportunidade gerada pela doação da bancada tampadora. Benefícios para o corpo discente em disciplinas como elementos para automação, controle para automação, sistemas hidráulicos e pneumáticos, processamento em tempo real, controle de processos, entre outras.

## **1.4 Objetivos do Projeto**

Projetar dois módulos didáticos complementares, envasador e empacotador, para a bancada existente doada pelo SENAI (Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial), ajudando assim no processo de aprendizado do aluno de graduação, com o intuito de fomentar seu interesse no campo de automação industrial.

### **1.4.1 Objetivos específicos**

- Estudar o estado da arte e funções das maquinas de processo farmacêutico com funções envasadora e empacotadora, compreendendo assim o funcionamento processo automatizado;

- Conceber uma planta didática de processos contendo os módulos envasador, tampador e empacotador com base na bancada existente;
- Projetar e simular os módulos;
- Comissionar os módulo envasador;
- Testar o módulo envasador separadamente;

## Capítulo 2

# Proposta de Bancada Didática Industrial

*Este capítulo relata alguns fundamentos teóricos utilizados para realização do projeto.*

### 2.1 Avaliação do Cenário Industrial

A indústria necessita sempre buscar a melhor produção atendendo a demanda de maneira satisfatória de tal modo que proporcione o melhor produto com o menor custo possível. Entretanto, sabemos que para realizar a automação de qualquer processo envolve um alto custo inicial de investimento que em um primeiro momento pode assustar, porém pode se traduzir rapidamente em produção e qualidade. Para promover a automatização do processo na indústria pode-se dividir o processo nos seguintes blocos conforme mostrados na Figura 2.1

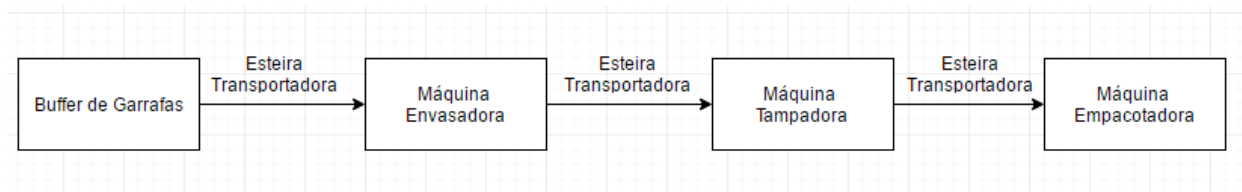


Figura 2.1: Diagrama do Processo Industrial

#### 2.1.1 *Buffer* de Garrafas

São espaços temporários de armazenamento das garrafas como mostra a Figura 2.2 , onde aguardam até que sejam transportadas pela esteira transportadora.

#### 2.1.2 Esteira Transportadora

São equipamentos que servem para realizar o transporte e movimentação de cargas dentro de um determinado espaço. São utilizadas para carga e descarga de algum material e podem ser divididas entre esteiras flexíveis e esteiras fixas.



Figura 2.2: Buffer de Garrafas. [1]

#### 2.1.2.1 Esteiras Flexíveis

As esteiras flexíveis são usadas em locais que elas possam ser retiradas ou movimentadas após sua utilização, como por exemplo, em logística, onde a saída e entrada de materiais são constantes.



Figura 2.3: Esteira Flexível. [2]

#### 2.1.2.2 Esteiras Fixas

As esteiras fixas são indicadas para locais onde sempre haverá carga e descarga de materiais. Ela será acoplada entre 2 pontos fixos.



Figura 2.4: Esteira fixa de correia. [2]

### 2.1.3 Máquina Envasadora

Máquina automatizada para envasar (colocar em vasilhame) líquidos. Sua característica principal é eliminar o contato do ser humano com o produto, garantindo um processo totalmente higienizado, rápido e preciso em termos de quantidade de líquido depositado na garrafa.

### 2.1.4 Máquina Tampadora

Essa máquina tem como funcionalidade colocar a tampa nas garrafas. Geralmente são encontradas nas formas rosqueadoras e por pressão, Figura 2.6

### 2.1.5 Máquina Empacotadora

Máquina responsável pelo armazenamento do produto final na embalagem para a guarda do mesmo em estoque ou para transporte, Figura 2.7

## 2.2 Ferramentas de Automação

O controle manual implica em ter um operador presente ao processo criador de uma variável física e que, de acordo com alguma regra de seu conhecimento, opera um aparelho qualquer (válvula, alavanca, chave, botão), que por sua vez produz a alteração necessária naquela variável.

No início da industrialização, os processos industriais utilizavam o máximo da força da mão-de-obra. A produção era composta por etapas ou estágios, nos quais as pessoas desenvolviam



Figura 2.5: Máquina envasadora. [3]



Figura 2.6: Máquina tampadora por pressão. [4]

sempre as mesmas funções, especializando-se em certas tarefas ou etapas da produção. Assim temos o princípio da produção seriada. O mesmo ocorria com as máquinas de produção, que eram específicas para uma aplicação, o que impedia seu uso em outras etapas da produção, mesmo que tivessem características muito parecidas. Com o passar do tempo e a valorização do operário, foi preciso fazer algumas alterações nas máquinas e equipamentos, de forma a resguardar a mão-de-obra de algumas funções inadequadas que proveriam perigo à vida humana. Assim a máquina



Figura 2.7: Máquina empacotadora. [5]

passou a fazer o trabalho mais pesado e o homem passou a supervisioná-la.

Com a finalidade de garantir o controle do sistema de produção, foram colocados sensores nas máquinas para monitorar e indicar as condições do processo. O controle é garantido com o acionamento dos atuadores a partir das informações captadas pelos sensores. O controle é dito automático quando uma parte, ou sua totalidade, das funções do operador é realizada por um equipamento eletrônico.

### 2.2.1 Elementos de Automação

Estuda-se conceitos básicos da automação, suas etapas e como são organizados, diversos tipos de sensores e como integrar tudo isso usando CLP, que são os controladores lógicos programáveis. Em princípio, qualquer grandeza física pode ser controlada, isto é, pode ter seu valor intencionalmente alterado. Claro, existem limitações práticas, uma das inevitáveis é a restrição da energia de que dispomos para afetar os fenômenos.

A pirâmide de automação é dividida em 5 níveis:

- Nível 1: nível das máquinas, dispositivos e componentes. Onde atua o controlador programável.
- Nível 2: possui algum tipo de supervisão associada ao processo. Possui concentradores de informações.

Sobre o nível e as interfaces homem-máquina (IHM).

- Nível 3: controle do processo produtivo da planta constituído por bancos de dados.
- Nível 4: programação e planejamento da produção realizando o controle e a logística dos suprimentos.



- Nível 5: administração dos recursos da empresa. Possui softwares para gestão de vendas e gestão financeira, é feita a decisão e o gerenciamento de todo o sistema.

Para automatizar um processo algumas etapas devem ser seguidas. Inicialmente tem-se a descrição verbal da planta original e da planta automatizada, descrição dos seus eventos usuais e de emergência. Se o modelo é muito complexo podemos traduzir o modelo da planta automatizada dos outros eventos em rede de Petri o que não foi necessário nesse trabalho. Em seguida verificar as propriedades por técnicas algébricas e por simulação. Prover a separação da rede de Petri dos controladores e programar os CLPs usando ladder. Realizar a instalação e testes e por fim produzir o arquivo da documentação completa para manutenção do sistema.

#### **2.2.1.1 Controladores Lógico Programáveis**

Os controladores lógicos programáveis ou CLPs, são equipamentos eletrônicos utilizados em sistemas de automação flexível. São ferramentas de trabalho muito úteis e versáteis para o mercado industrial. Eles permitem desenvolver e alterar facilmente a lógica para acionamento das saídas em função das entradas. Pode-se associar diversos sinais de entrada para controlar diversos atuadores ligados nos pontos de saída.

O controlador lógico programável nasceu dentro da General Motors, em 1968, devido a grande dificuldade de mudar a lógica de controle dos painéis de comando a cada mudança na linha de montagem. Tais mudanças implicavam em altos gastos de tempo e dinheiro. Sob a liderança do engenheiro Richard Morley, foi preparada uma especificação que refletia as necessidades de muitos usuários de circuitos e relés, não só da indústria automobilística como de toda a indústria manufatureira. Nascia assim um equipamento bastante versátil e de fácil utilização, que vem se aprimorando constantemente, diversificando cada vez mais os setores industriais e suas aplicações.

Dentre as vantagens do uso dos CLPs é possível destacar:

- Menor espaço
- Menor consumo de energia elétrica
- Reutilizáveis
- Programáveis
- Maior confiabilidade operacional
- Maior flexibilidade
- Maior rapidez na elaboração dos projetos
- Interfaces de comunicação com outros CLPs e computadores.

A estrutura de um CLP é dividida em três partes:



Figura 2.8: Estrutura básica de um CLP. [6]

Os sinais de entrada e saída dos clps podem ser digitais ou analógicos. Existem diversos tipos de módulos de entrada e saída que se adequam as necessidades do sistema a ser controlado. Os módulos de entrada e saídas são compostos de grupos de bits, associados em conjunto de 8 bits (1 byte) ou conjunto de 16 bits, de acordo com o tipo da CPU. As entradas analógicas são módulos conversores A/D, analógicos digitais, que convertem um sinal de entrada em um valor digital, normalmente de 12 bits (4096 combinações). As saídas analógicas são módulos conversores D/A, digital analógico, ou seja, um valor binário é transformado em um sinal analógico. Os sinais dos sensores são aplicados às entradas do controlador e cada ciclo (varredura) todos esses sinais são lidos e transferidos para a unidade de memória interna denominada memória imagem de entrada. Estes sinais são associados entre si e aos sinais internos. Ao término do ciclo de varredura, os resultados são transferidos para memória imagem de saída e então aplicados aos terminais de saída. Este ciclo é representado na Figura 2.9

#### 2.2.1.2 Linguagem Ladder

Como foi visto os CLPs vieram substituir elementos e componentes eletro-eletrônicos de acionamento e a linguagem utilizada na sua programação é similar á linguagem de diagramas lógicos de acionamento desenvolvidos por eletrotécnicos e profissionais da área de controle, esta linguagem é denominada linguagem de contatos ou simplesmente Ladder.

A linguagem Ladder, que é uma linguagem gráfica, permite que se desenvolvam lógicas combinacionais, sequenciais e circuitos que envolvam ambas, utilizando como operadores para estas lógicas: entradas, saídas, estados auxiliares e registros numéricos. Alguns símbolos utilizados nessa linguagem estão presentes na Figura 2.10

#### 2.2.2 Sistemas Hidráulicos e Pneumáticos

A utilização de sistemas hidráulicos e pneumáticos na automação é de extrema importância devido á algumas características e vantagens em relação a outras tecnologias. Neste caso da planta composta pelos módulos envasador e empacotador, o sistema pneumático é utilizado para movimento e posicionamento dos cilindros bidirecionais.

Sistemas pneumáticos utilizam ar comprimido para para transmissão de potência, ou seja, a



Figura 2.9: Ciclo de processamento do CLP. [6]

Tipo	Símbolo	Equipamento elétrico
Contato aberto		
Contato fechado		
Saída		

Figura 2.10: Símbolos comumente utilizados na programação Ladder. [6]

energia da compressão do ar é convertida para movimentação de cilindros ou motores. Algumas vantagens desse tipo de sistema são: aumento da produção com um custo relativamente baixo, fácil implementação e manutenção dos equipamentos, número reduzido de acidentes por causa da pressão não elevada, equipamentos robustos para trabalhar em locais hostis e prejudiciais ao trabalhador humano. Algumas desvantagens são: como o ar é um fluido altamente compressível não é recomendado o uso onde a precisão é um fator determinante, não é possível realizar parada instantânea e manter velocidade uniforme, o ar comprimido não pode conter impurezas e não suporta pressões acima de 1723,6 kPa.

Sistemas hidráulicos (Figura 2.12) baseiam-se na utilização do líquido confinado (água ou óleo) para transmitir movimentos multiplicando forças e diminuindo deslocamentos. Por ser um fluido

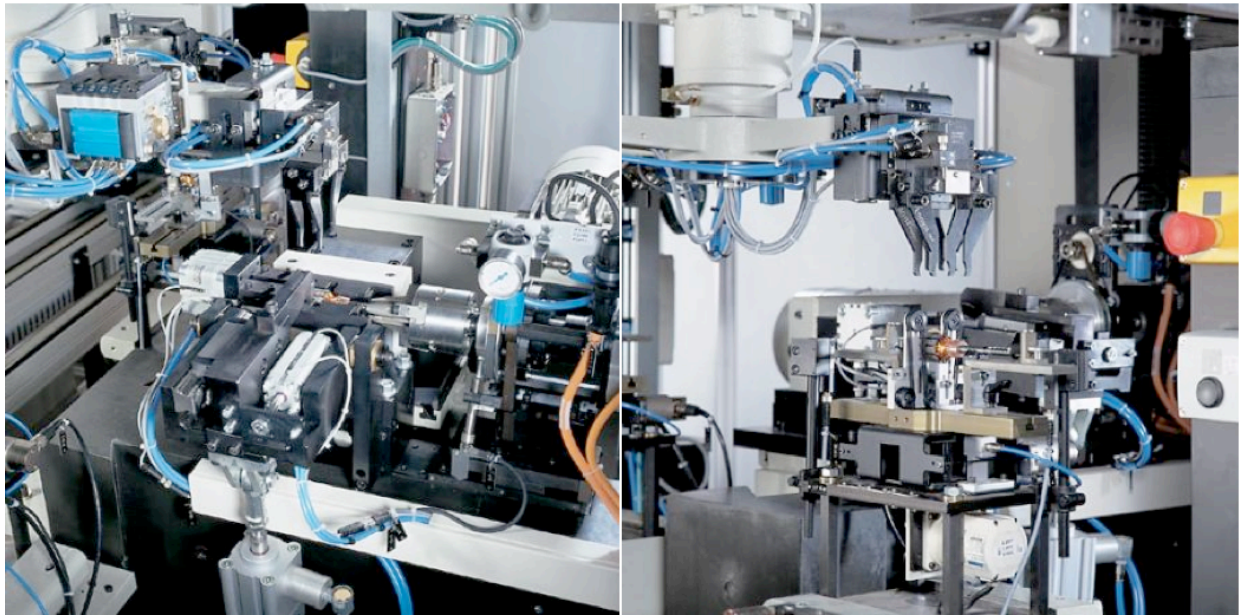


Figura 2.11: Ilustração de unidade de fresagem pneumática. [17] e Sistema de transporte pneumático. [17]

praticamente incompressível, permite paradas e inversão de sentido em um curto espaço de tempo, potência muito alta em relação á outras alternativas, alterações milimétricas de velocidade garantindo precisão elevada. Relação (peso x tamanho x potência consumida) menor do que qualquer outra tecnologia. Por outro lado, sistemas hidráulicos demandam um alto investimento inicial se comparado aos mecânicos, pneumáticos e elétricos, apresentam riscos de explosão se submetido á temperaturas elevadas.



Figura 2.12: Prensa Hidráulica. [18]

### 2.2.3 Instrumentação para Controle

Instrumentação é o ramo da engenharia que trata do projeto, fabricação, especificação, montagem, operação e manutenção dos instrumentos para medição e controle das variáveis de processo industrial. Estuda-se as estruturas gerais de um sistema de medição além das suas características estáticas e dinâmicas, com o objetivo de detectar e evitar os problemas que possam interferir estes sistemas. Também discuti-se elementos sensores dos mais variados tipos, dentre eles os sensores capacitivos, indutivos, termoeletrônicos, eletromagnéticos, elásticos e piezoelétricos. Além, é claro, dos elementos processadores de sinais tais como o conversor analógico-digital, digital analógico, microcontrolador de uso geral e CLPs.

Um processo industrial é, em geral, uma instalação ou um local onde são introduzidos material, energia e insumos, que são processados para se obter um produto final com a qualidade desejada. É interessante que o processo seja contínuo. São 4 os elementos básicos de um sistema de medição:

- Sensor
- Condicionador de sinais
- Elemento processador de sinais
- Apresentador de dados

É importante observar que um sistema de medição terá elementos que podem ou não aparecer de forma repetida.

## 2.3 Apresentação do Protótipo Proposto

Já existe, no laboratório de Sistemas Hidráulicos e Pneumáticos, o módulo tampador que vem sendo objeto de retrofitting para se tornar operacional. A proposta de projeto é projetar e comissionar um módulo envasador e projetar o módulo empacotador para obter uma bancada de processos completa que irá auxiliar no ensino prático dos alunos de graduação.

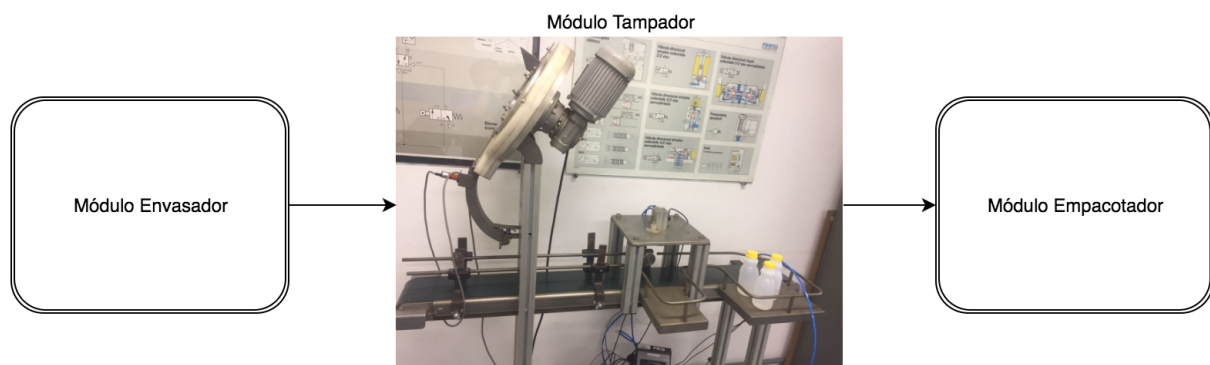


Figura 2.13: Diagrama da bancada de processo com os três módulos conectados

## Capítulo 3

# Materiais e Métodos

*Este capítulo apresenta informações detalhadas a respeito da metodologia e materiais utilizados para o projeto, simulação e construção dos módulos envasador e empacotador*

### 3.1 Metodologia

A execução do trabalho proposto se iniciou com a identificação do problema e a criação de um protótipo das estruturas mecânicas e especificações dos materiais. A partir disso, procurou-se por materiais reutilizáveis encontrados no almoxarifado central para diminuir o custo. Algumas mudanças no projeto foram realizadas para que o módulo envasador pudesse se adaptar nas estruturas metálicas encontradas. Dois cilindros bidirecionais do LSHP foram utilizados para movimento do bico injetor e inserção de garrafas na esteira. O sistema é controlado com o auxílio de um Arduino Uno que coleta informações dos sensores e envia para o CLP.

### 3.2 Módulo Envasador

- Especificação dos materiais para cumprimento dos requisitos;
- Simulação dos sistemas pneumático e elétrico, diagrama trajeto-passo com o Automation Studio, desenhos das estruturas e componentes em CAD e simulação do sistema no SolidWorks;
- Montagem das estruturas mecânicas, construção do bico injetor, testes iniciais de sensores com o Arduino, teste do sistema pneumático;
- Desenvolveu-se um programa de controle em Ladder para o CLP didático da HI Tecnologia presente no laboratório. O CLP controla o motor da esteira, atuadores pneumáticos e recebe os sinais enviados pelo Arduino;
- Realização de testes no módulo envasador para verificação e ajuste de erros que surgiram ao longo do comissionamento do mesmo.

### 3.2.1 Estrutura do Bico Injetor

Para o bico injetor os seguintes materiais foram utilizados:

- Válvula solenóide
- Sensor de fluxo
- Módulo com 4 relés
- Placa Arduino Uno
- Cilindro dupla ação
- Válvula pneumática bidirecional 5/2
- Kit ZTK900 (HI Tecnologia)

#### 3.2.1.1 Descrição do Funcionamento do Bico Injetor

1. A garrafa vazia chega e o cilindro de posicionamento do bico avança;
2. O CLP manda o sinal para o relé abrir a válvula solenóide, permitindo o fluxo de líquido para envasamento;
3. Com a válvula aberta o sensor de fluxo verifica a quantidade de líquido que passa por ele através do Arduino;
4. Quando a quantidade requerida é atingida o Arduino envia o sinal para o CLP que por sua vez desativa o sinal do Relé, fechando a válvula solenóide;
5. O CLP retorna o cilindro de posicionamento do bico injetor;
6. O processo se repete enquanto a máquina estiver ligada.

A Figura 3.1 mostra o diagrama de funcionamento do bico injetor.

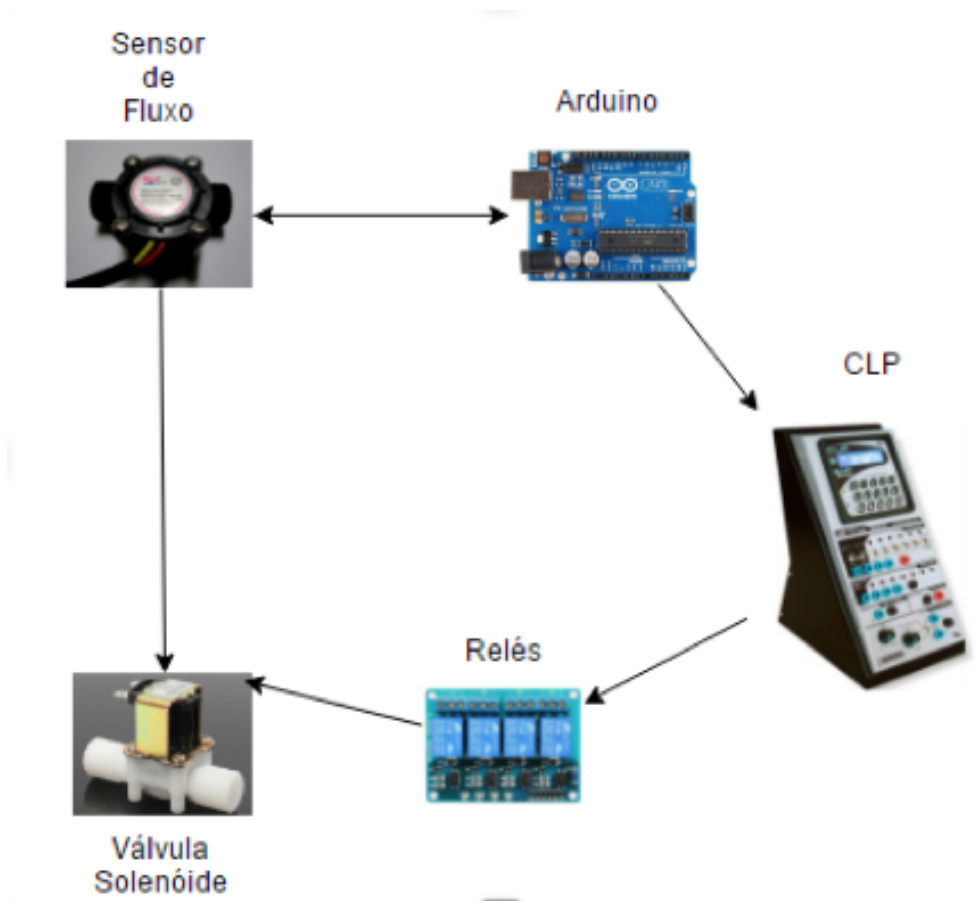


Figura 3.1: Diagrama simplificado do bico injetor

### 3.2.1.2 Montagem do bico injetor

Para realizar a montagem do bico injetor (Figura 3.2) utilizou-se duas luvas de 1/2" e um bico comum de torneira. Uma para conectar a mangueira ao sensor de fluxo, outra para conexão do sensor de fluxo à válvula solenóide e o bico para a saída da válvula solenóide.



Figura 3.2: Luva de 1/2", Bico de torneira comum e Bico Injetor Montado



### 3.2.2 Diagrama Pneumático

Para que o bico entre na garrafa, quando a mesma encontra-se posicionada, foi utilizado um cilindro bidirecional com avanço pneumático e retorno por mola. Esse pistão é acionado através de um sinal enviado pelo sensor óptico para o Arduino que encaminha o sinal para o CLP e finalmente aciona a válvula pneumática. A válvula utilizada é eletro-pneumática de 3 vias e 2 estados (3/2) com acionamento Unidirecional. (Figura 3.3)

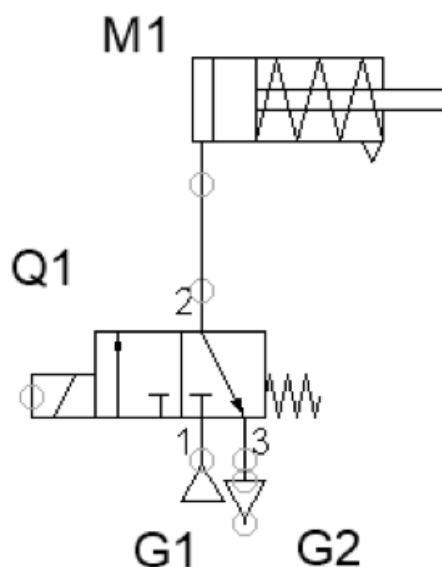


Figura 3.3: Cilindro pneumático e válvula 3/2 para movimentação do bico injetor

Tabela 3.1: Tabela de sinais do pistão pneumático do bico injetor

Símbolo	Legenda
M1	Cilindro 1
Q1	Solenóide
G1	Entrada de ar
G2	Escape de ar

Mais um pistão iria ser utilizado, porém por inviabilidade técnica, por falta de válvulas e cilindros pneumáticos no laboratório, não foi possível adicioná-lo no sistema, porém como o projeto teórico o utilizava para colocar garrafas na esteira, o diagrama é mostrado abaixo. Para controlar o pistão foi utilizada uma válvula 5 vias e 2 estados (5/2) com acionamento unidirecional. (Figura 3.4)

### 3.2.3 Projeto no SolidWorks

Com base nas especificações do projeto, concebeu-se um projeto inicial, um rascunho de como iria se tornar a máquina envasadora a qual foi apresentada no trabalho de graduação 1. Porém

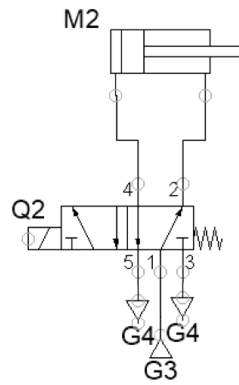


Figura 3.4: Cilindro pneumático e válvula 5/2 para inserção de garrafas na esteira

Tabela 3.2: Tabela de sinais do pistão pneumático de inserção de garrafas.

Símbolo	Legenda
M2	Cilindro 2
Q2	Solenóide
G3	Entrada de ar
G4	Escape de ar

com a aquisição dos materiais algumas modificações no projeto foram necessárias, tendo em vista o melhor funcionamento do protótipo e o resultado é mostrado na Figura 3.5 .

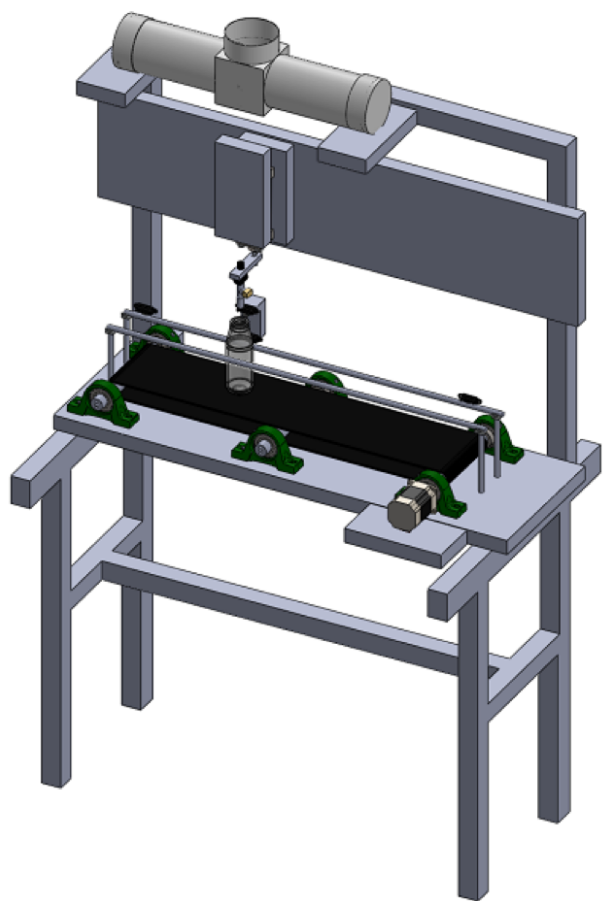


Figura 3.5: Desenho do módulo envasador feito no SolidWorks

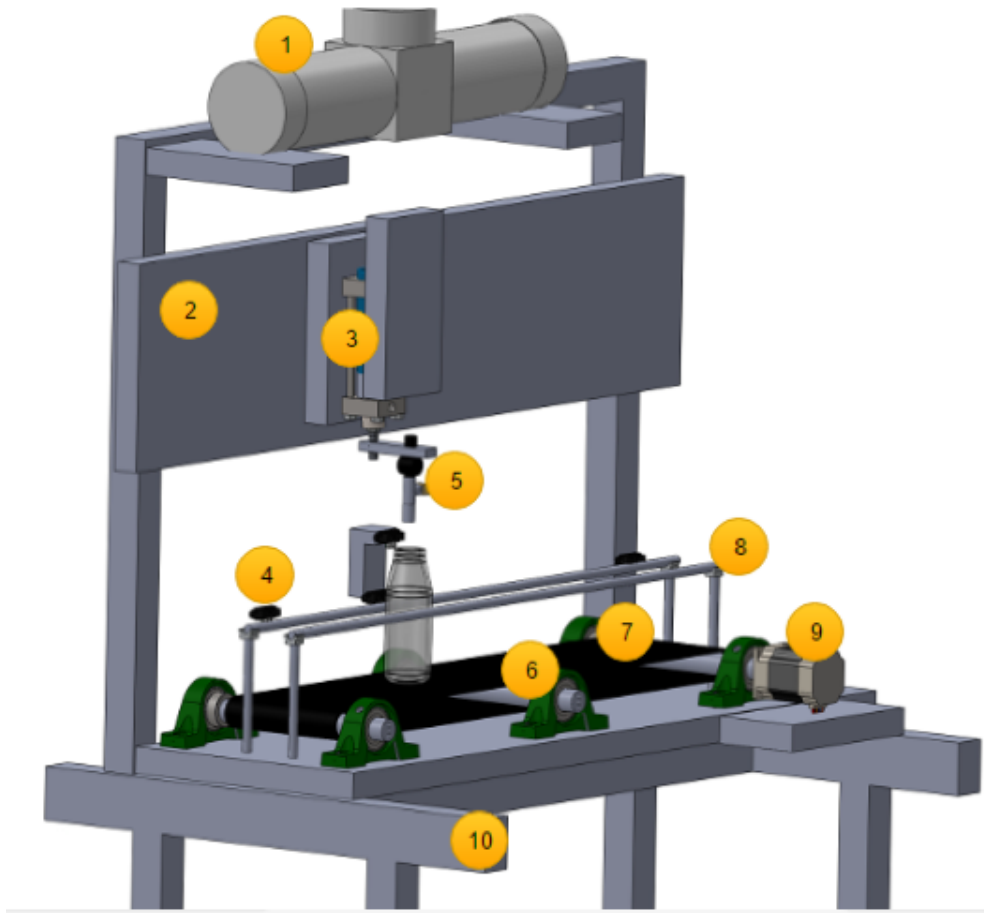


Figura 3.6: Esquemático do módulo envasador

Tabela 3.3: Tabela da Relação descritiva dos componentes do módulo da estação.

Número	Componente
1	Reservatório de líquido
2	Base para o pistão pneumático
3	Suporte para o bico injetor
4	Sensor óptico reflexivo
5	Bico injetor
6	Mancal com rolamento
7	Esteira
8	Guia da esteira
9	Motor de passo
10	Suporte

### 3.2.4 Diagrama Elétrico

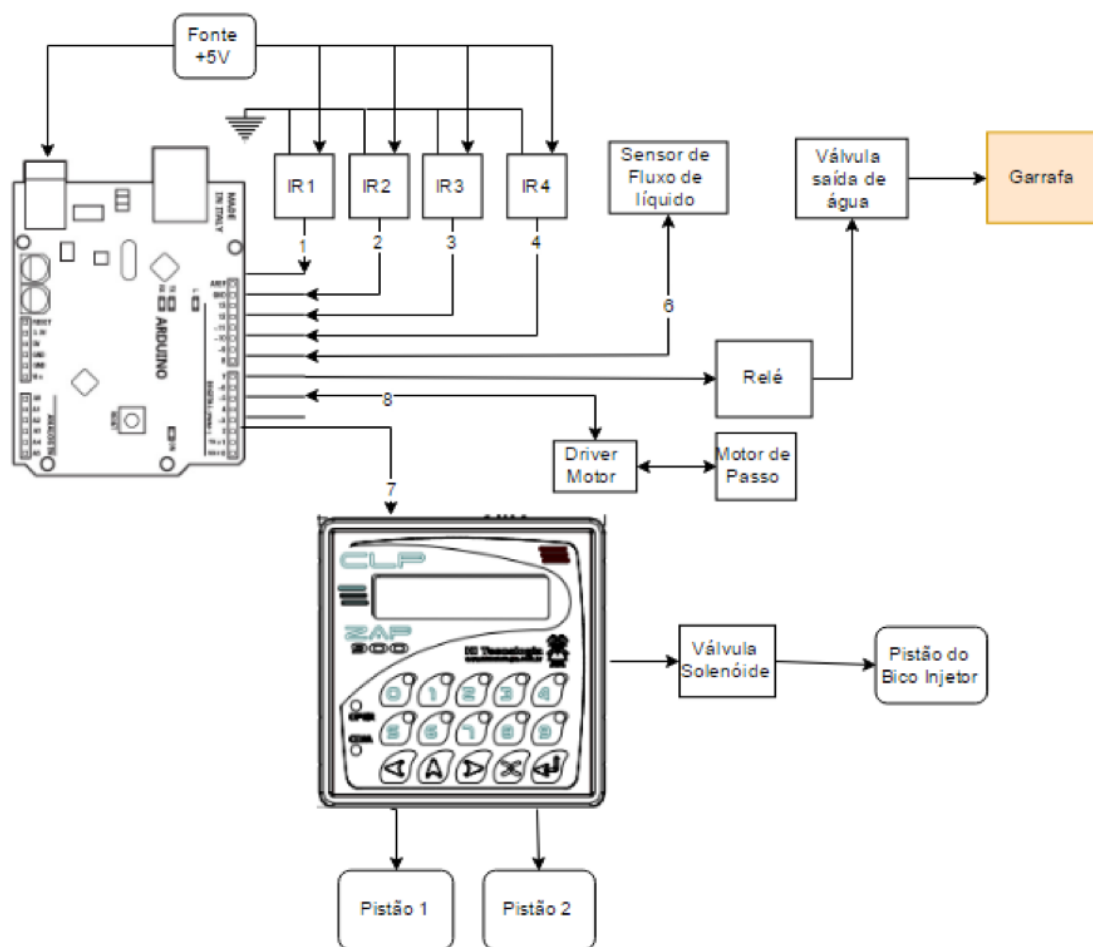


Figura 3.7: Diagrama de ligações elétricas do módulo envasador Arduino Uno + CLP ZAP900.

### 3.2.5 Ladder

Para realizar a programação em Ladder, primeiro, mapeou-se onde deveriam se encontrar os sensores óptico reflexivos para servir de controle para a operação de inserção de garrafas e enchimento de garrafas. O mapa é mostrado na Figura 3.8:

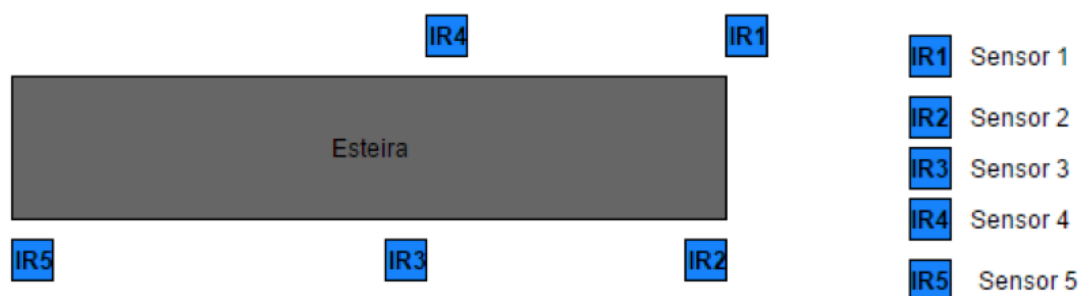


Figura 3.8: Disposição dos sensores ópticos na esteira do módulo envasador

### 3.2.5.1 Programa Ladder para inserir garrafas na esteira

O programa utilizado para inserir garrafas na esteira é mostrado na figura abaixo, o seu funcionamento é dado da seguinte forma quando o sensor IR1 é ativado, sinal I0001, ativa um contador (Timer) de 5s, esse tempo é necessário para que se dê tempo retirar o dispositivo que colocou a garrafa no buffer, seja ele manual ou mecânico. Quando o tempo no contador chega ao fim, o sinal O0003 é ativado, com isso o pistão é ativado empurrando a garrafa para a esteira. Quando a garrafa chega na esteira ela faz com que o sensor IR2, I0002 seja ativado com isso outro contador é disparado esperando 3s para que de tempo o pistão retornar a sua posição final e então, enfim, o sinal de comando O0003 seja dado para que a esteira entre em movimento. Quando esse sinal é ativado ele reseta o sinal de O0001, fazendo com que o sistema possa repetir a operação.

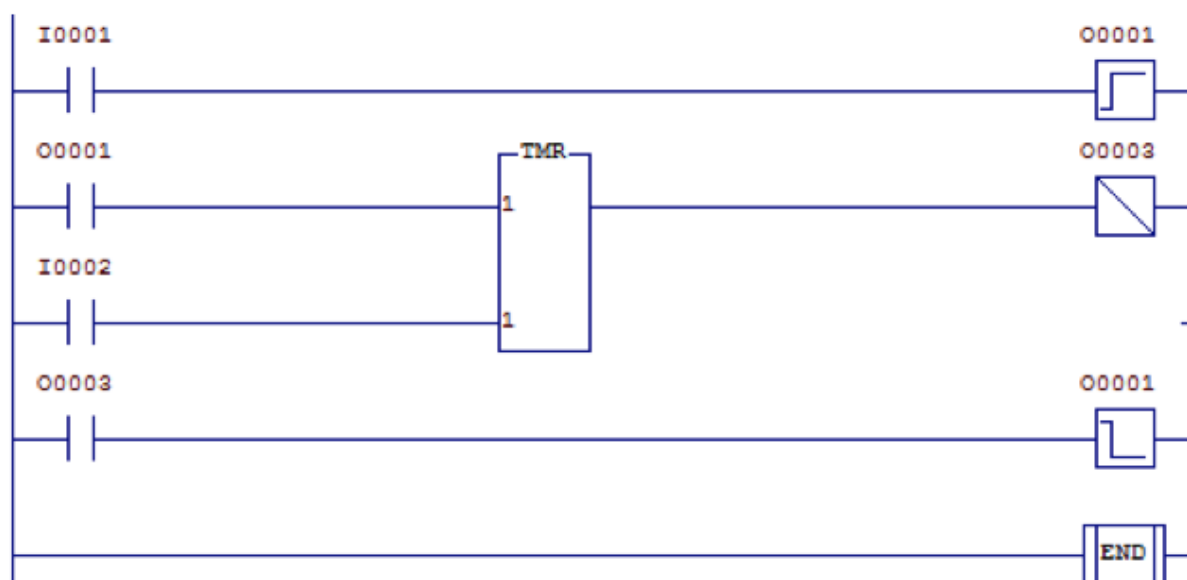


Figura 3.9: Lógica Ladder para inserir garrafas na esteira

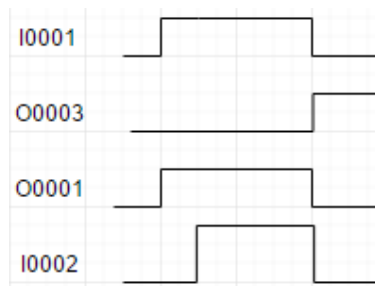


Figura 3.10: Diagrama no tempo das operações sequenciais para inserir garrafas

### 3.2.5.2 Programa Ladder para posicionamento do bico injetor

O programa enche garrafas (Figura 3.11) utilizou-se a seguinte lógica, como descreveu-se anteriormente com a garrafa inserida na esteira o motor pode dar partida, transportando a garrafa até que ela chegue no sensor IR3 (I0003) sensor do meio da esteira, chegando nesse sensor o motor para e o pistão onde o bico envasador está preso, desce. Depois que o bico envasador desce ele libera a válvula solenóide, fazendo com que o fluido desça pela mesma, enchendo a garrafa. Quando a garrafa atingir a quantidade de líquido pré-definida no código no arduino, o código disparará um sinal de garrafa cheia, representado no Ladder pela entrada I0004, fazendo com que o pistão retorne para sua posição inicial.

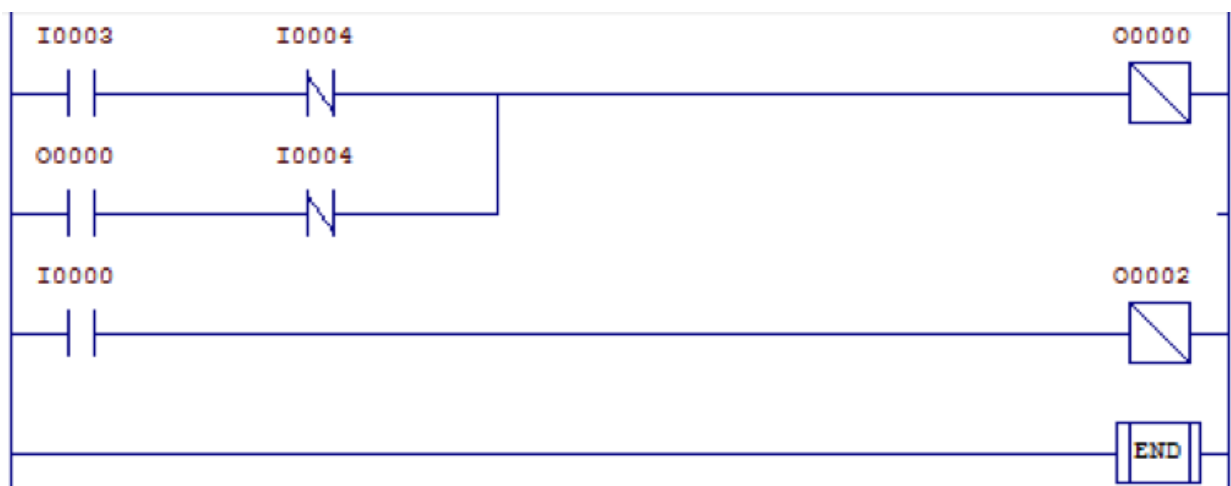


Figura 3.11: Lógica Ladder para posicionar o bico injetor

## 3.3 Módulo Empacotador

Para desenvolver o módulo empacotador, as seguintes etapas foram seguidas:

- Descrição da planta, especificando qual o seu funcionamento e formas de atuação da máquina;
- Escolha dos materiais necessários;
- Especificação do projeto;

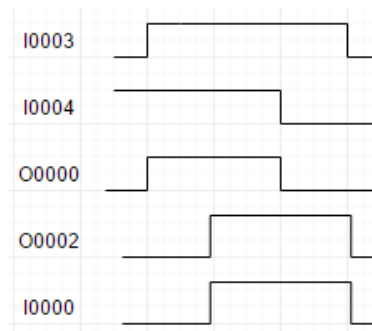


Figura 3.12: Diagrama no tempo das operações sequenciais para posicionar o bico injetor

- Diagramação do sistema pneumático e elétrico do sistema;
- Programação em Ladder do CLP;
- Descrição do funcionamento da máquina empacotadora.

### 3.3.1 Descrição de funcionamento

Após a análise dos requisitos e definiu-se que o módulo empacotador recebe garrafas envasadas e tampadas como entrada e as organizam em caixas com 9 unidades. Para tanto, os seguintes passos são executados:

1. A esteira recebe garrafas previamente cheias e tampadas;
2. No fim da esteira a garrafa espera em um pequeno buffer;
3. A garrafa é empurrada pelo primeiro pistão pneumático;
4. O processo se repete até que 3 garrafas se encontrem no setor do segundo pistão;
5. O segundo cilindro empurra as 3 garrafas para serem acomodadas na caixa;
6. Este processo é repetido 3 vezes até que a caixa contenha 9 garrafas;
7. Dois Servo motores fecham a caixa para que a mesma possa ser retirada.

### 3.3.2 Materiais

## 3.4 Diagrama pneumático

Para o projeto da empacotadora utilizou-se duas válvulas eletropneumática de 5 Vias e 2 Estados (5/2) com acionamento Unidirecional (Figura 3.13). Na posição de repouso a entrada 1 é direcionado para 2 e a via 4 é ligada ao escape 5, a via 2 é ligada ao escape 3 e o escape 5 não é usado. Na máquina optou-se usar a ativação por solenoide e o retorno por mola, a válvula é



Tabela 3.4: Lista de materiais módulo empacotador

Materiais	Quantidade
Mesa	01
Esteira	01
Mancais	06
Rolamentos	06
Pistões	02
Sensores ópticos Reflexíveis	04
Motor de Passo	01
Servo Motor	02
CLP ZAP900	01
Guias de Alumínio	06
Pinos de Alumínio	11
Luvas de Alumínio	11
Parafusos	32

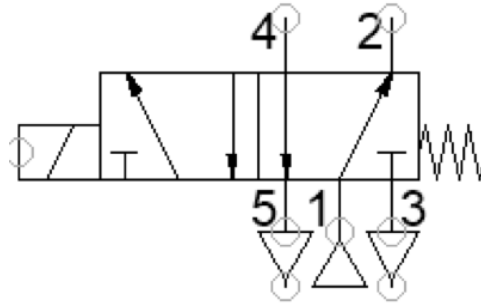


Figura 3.13: Válvula pneumática 5/2 acionada por solenóide e retornada por mola

ativada enquanto o solenoide estiver acionado fazendo com que a válvula permaneça nesse estado, caso contrário a mola retorna a válvula para sua posição original.

Baseado na descrição da máquina feita anteriormente foi possível desenhar o diagrama pneumático do sistema, utilizando o software FluidDraw, da festo, versão demo.

Tabela 3.5: Tabela de símbolos diagrama pneumático

Símbolo	Legenda
M1	Cilindro 1
M2	Cilindro 2
Q1	Solenóide 1
Q2	Solenóide 2
G3	Entrada de ar Válvula 1 e 2
G4	Escape do ar Válvula 1 e 2

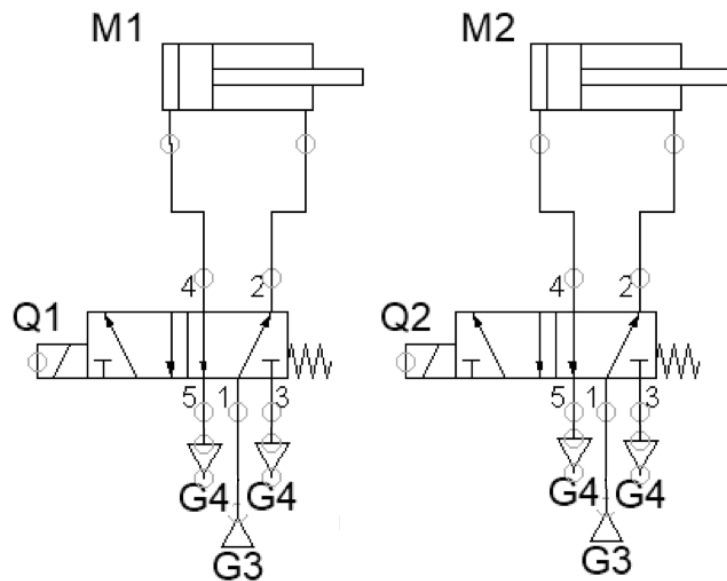


Figura 3.14: Diagrama Pneumático módulo empacotador

### 3.5 Projeto no SolidWorks

Depois que formalizar a descrição da máquina, partiu-se para o projeto do desenho mecânico da mesma, com o intuito de verificar como a máquina iria ficar, já que não foi possível comprar peças para a montagem e teste da máquina empacotadora. Usou-se o SolidWorks para desenhar as peças, primeiro foi desenhado cada componente da máquina individualmente e depois foi criado um arquivo de montagem para unir as peças e criar o protótipo do projeto, (Figura 3.15).

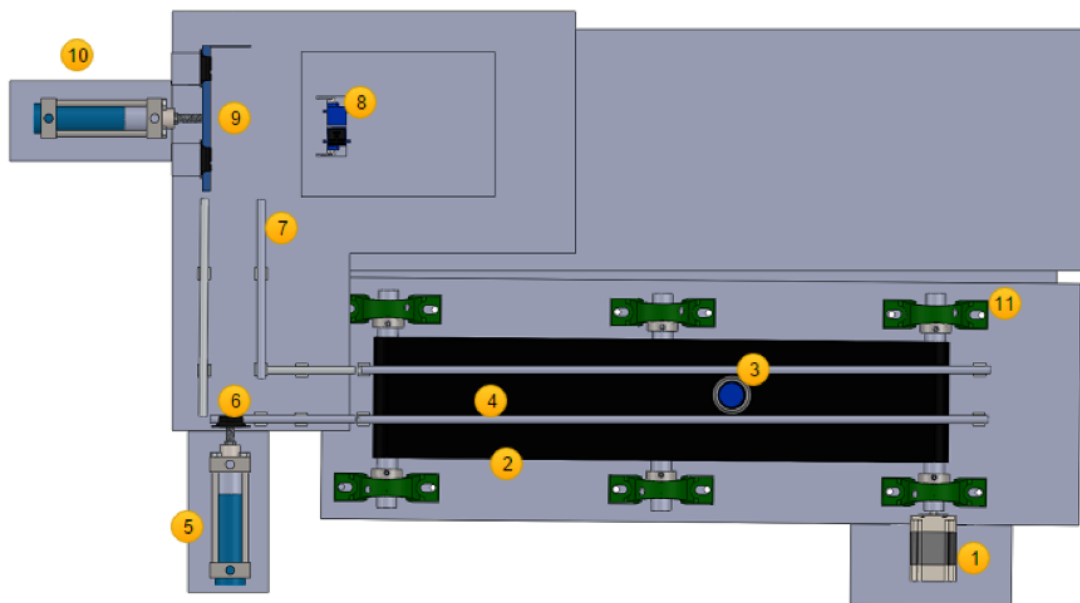


Figura 3.16: Vista superior com numeração para descrição dos componentes

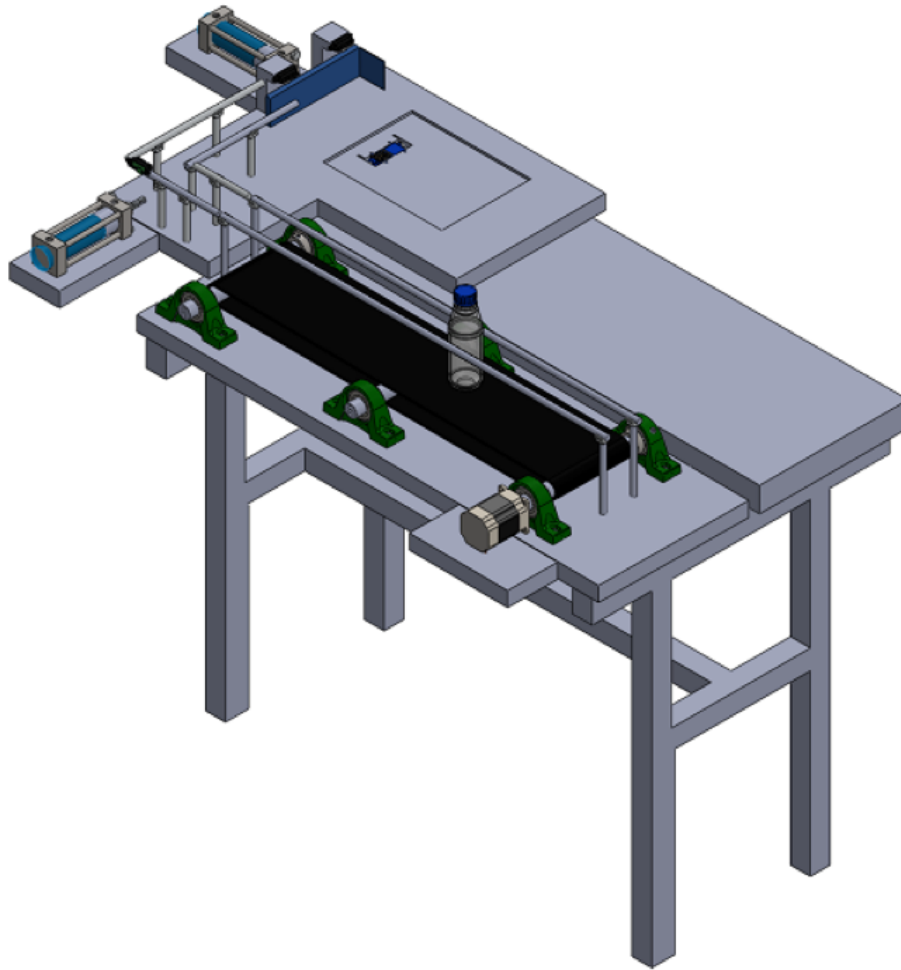


Figura 3.15: Vista Isométrica do módulo empacotador

Tabela 3.6: Tabela de descrição do módulo empacotador.

Número	Componente
1	Motor de Passo
2	Esteira
3	Garrafa cheia e devidamente tampada
4	Guia da esteira
5	Cilindro insere garrafas,M1
6	Sensor IR
7	Buffer de garrafas
8	Micro-servo motor
9	Suporte para guiar as garrafas cheias
10	Cilindro insere garrafas na caixa
11	Mancal com rolamento

### 3.5.1 Diagrama Elétrico

Para realizar a parte de interligação de todos os sensores, atuadores, reguladores de tensão com o CLP, utilizou-se o seguinte diagrama (Figura 3.17).

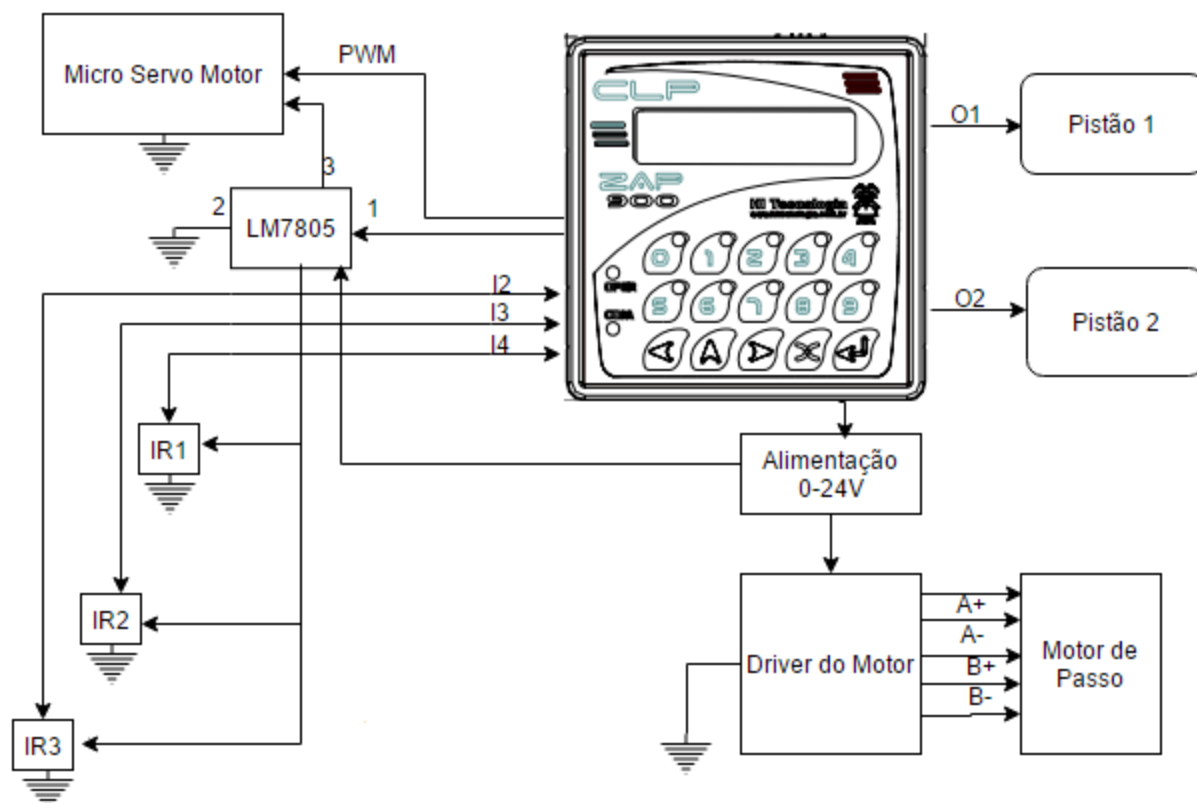


Figura 3.17: Diagrama do sistema elétrico da máquina empacotadora

Onde IR1, IR2 e IR3 representam os sensores ópticos, LM7805 são os reguladores de tensão e os sinais PWM, que representa a saída O0 no CLP, O1 e O2 são as saídas digitais do CLP que controlarão os pistões 1 e 2 respectivamente e I2, I3 e I4 são as entradas digitais que indicarão quando o pistão deve ou não ser ativado dependendo das respostas dos sensores IR1, IR2 e IR3.

## 3.6 CLP e lógica Ladder

No projeto o Controlador lógico programável ZAP900 controla todo o sistema, atuando no acionamento dos pistões, para empurrar as garrafas, ligando e desligando a esteira, se necessário, lendo os sinais enviados dos sensores IR para indicar quando chegou a garrafa e acionando o servo motor para fechar a tampa da caixa.

O seguinte algoritmo foi seguido para a programação em Ladder do módulo empacotador:

- Início, que pode ser um botão pressionado pelo operador da máquina, com esse evento é acionado o motor da esteira, fazendo com que a garrafa tampada percorra a esteira;

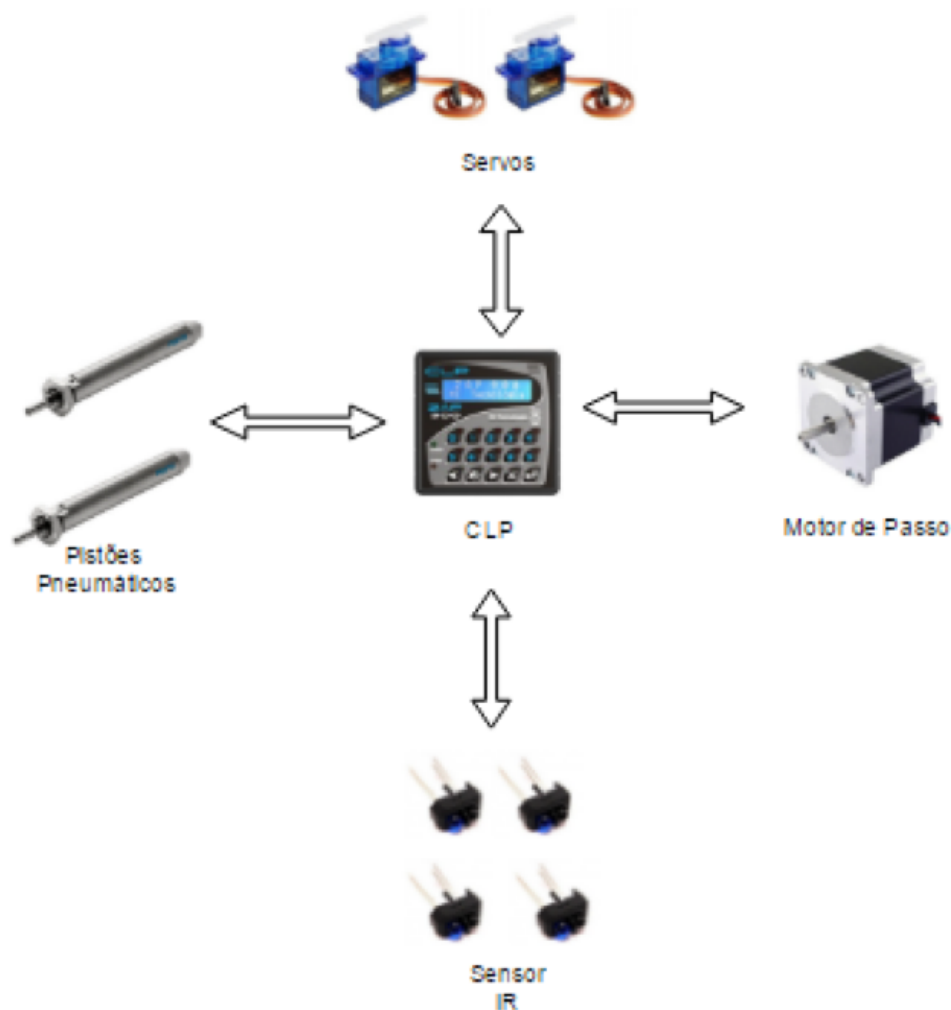


Figura 3.18: CLP ZAP900 recebe os sinais dos sensores e faz o controle dos atuadores

- Quando a garrafa chega no sensor S1 ela ativa um timer de 3s para poder acionar o pistão insere garrafas M1, depois de decorridos mais 3 segundos o pistão retorna para posição inicial esperando outra garrafa chegar e ativar o sensor S1;
- Como as garrafas vão acumulando no buffer, umas irão empurrando as outras até que ativem os sensores S2 e S3;
- Quando os sensores S2 e S3 são ativados a esteira para, para evitar que ocorra qualquer problema de congestionamento de garrafas;
- Quando a esteira é parada um sinal é enviado para acionar o cilindro M2, depois de 3 segundos, empurrando uma fileira de 3 garrafas para o interior da caixa.
- Depois que o pistão M2 retornar um contador soma mais 1, esse contador serve para decidir entre duas situações:

Quando contador  $< 3$  a esteira é acionada novamente;

Quando contador = 3 um sinal é enviado para o servo motor para fechar a caixa e então a esteira volta ao seu estado inicial;

Para escrever o código descrito anteriormente do algoritmo utilizou-se alguns blocos especiais de construção como temporizadores, contadores e flip-flops. Os temporizadores aguardam um tempo pré-definido antes de realizar uma ação, o contador conta um determinado valor antes de realizar a ação e o flip-flop muda o estado do sinal de acordo com o interesse do projetista, colocando seu valor em ligado ou desligado.

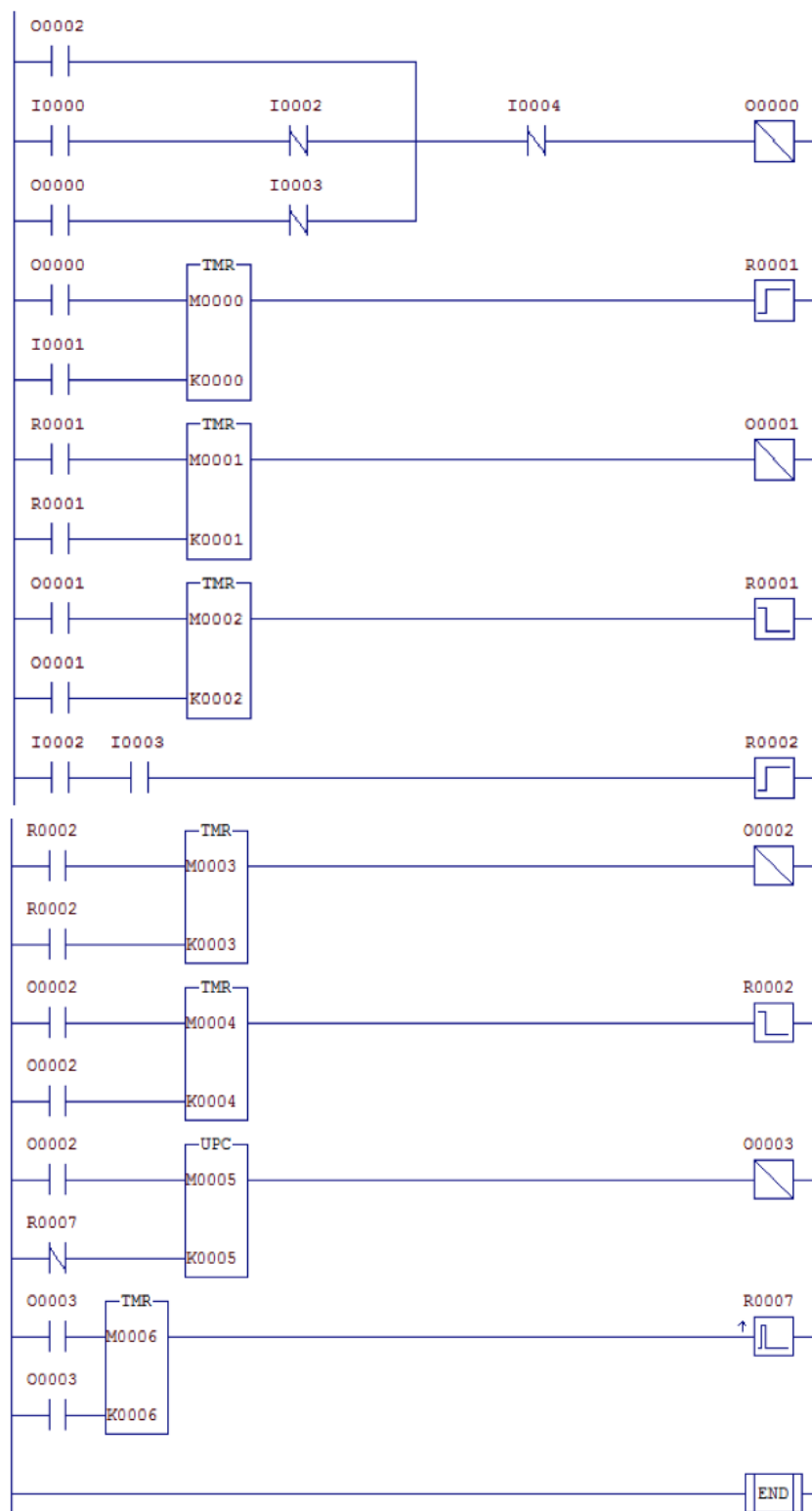


Figura 3.19: Programa em Ladder da empacotadora. (Tabela: 3.7)

Tabela 3.7: Tabela de descrição do Ladder da máquina empacotadora.

Sinal	Significado
I0000	Botão Iniciar
I0001	Sensor IR 1
I0002	Sensor IR 2
I0003	Sensor IR 3
I0004	Botão parada de emergência esteira
O0000	Motor esteira
O0001	Pistão insere garrafas no buffer M1
O0002	Pistão insere garrafas no buffer M2
O0003	Sinal do servo motor
R0001	Sinal interno para disparo do timer
R0002	Sinal interno para disparo do timer
R0007	Sinal interno para disparo do timer
M0001	Sinal de disparo para dar reset no contador
M0002	Espaço de memória do CLP
M0003	Espaço de memória do CLP
M0004	Espaço de memória do CLP
M0005	Espaço de memória do CLP
M0006	Espaço de memória do CLP
K0000	Constante de tempo de 3 segundos
K0001	Constante de tempo de 3 segundos
K0002	Constante de tempo de 3 segundos
K0003	Constante de tempo de 3 segundos
K0004	Constante de tempo de 3 segundos
K0005	Constante inteira de 3 unidades

## 3.7 Componentes utilizados no desenvolvimento

### 3.7.1 Arduino Uno

Arduino é uma plataforma de prototipagem com hardware livre, open source, desenvolvida na Itália em meados de 2005, ela é projetada com um microcontrolador atmel AVR, possui suporte de entrada e saída incorporada em sua placa, possui também uma linguagem de programação padrão que é essencialmente C/C++. A missão básica do arduino é oferecer ao projetista uma forma de criar ferramentas e soluções eletrônicas de baixo custo, flexíveis e que possam ser conectadas a um computador que é usado para programar a placa e interagir com o processo que se deseja atuar ou supervisionar.

A placa do Arduino pode ser alimentada por meio da conexão USB ou por uma fonte de alimentação externa essa alimentação, tanto via USB quanto usando o conector Jack, pode variar entre 5V até 12V. O controlador embarcado na placa é um ATMEGA 16U2 da ATMEL, ele é responsável



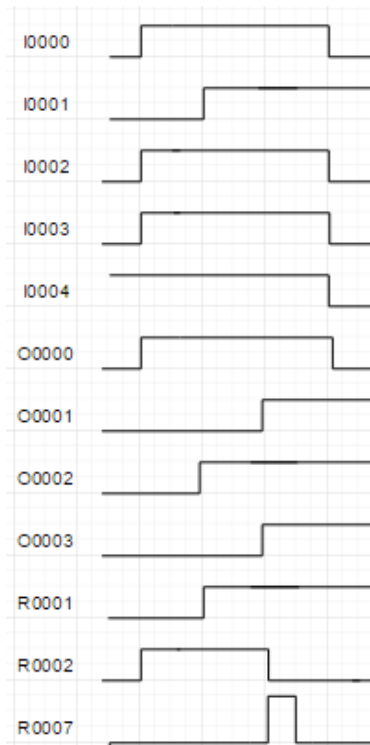


Figura 3.20: Diagrama no tempo das operações sequenciais para o módulo empacotador

pela forma como funciona o Arduino, pois é nele que o código binário é armazenado logo depois que o código é compilado pelo usuário. Na placa existem também dois leds(TX,RX), controlados pelo software do microcontrolador que indicam quando a placa está enviando ou recebendo dados para o computador. Esse microcontrolador possui um cristal externo com uma frequência de 16MHz.

O principal componente da placa Arduino UNO é o microcontrolador ATMEGA328, esse dispositivo tem 8bits de arquitetura RISC avançada e com encapsulamento DIP28. Ele conta com 32KB de Flash, 2KB de RAM e 1KB de EEPROM [7].

A placa Arduino UNO possui pinos de entrada e saídas digitais, bem como entradas e saídas analógicas. São 14 pinos que podem ser usados como entrada ou saída digital, estes pinos operam em 5V e cada pino pode fornecer ou receber uma corrente máxima de 40mA, possui também 6 entradas analógicas, onde cada pino possui a resolução de 10bits.

### 3.7.2 Kit ZTK900

Para o desenvolvimento do projeto foi usado o kit de treinamento ZTK900 da HI Tecnologia Indústria e comércio Ltda. O ZTK900 é um módulo didático para controlador lógico programável (CLP), baseado no controlador ZAP900 também da HI Tecnologia. Possui um painel de operação composto por chaves, leds, potenciômetros e bornes, que permitem a simulação de máquinas e processos a serem automatizadas por um controlador.

O kit disponibiliza as seguintes funcionalidades:

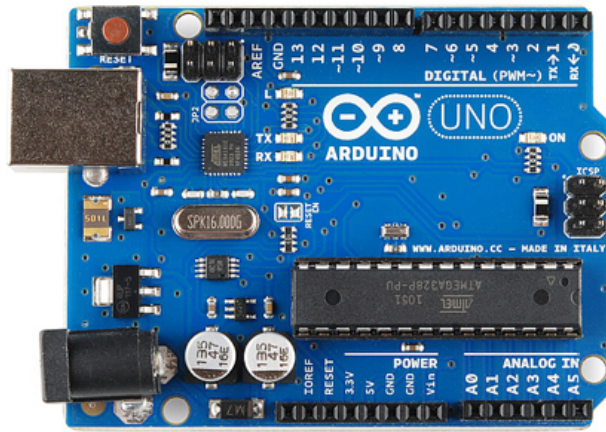


Figura 3.21: Placa de desenvolvimento Arduino Uno. [7]



Figura 3.22: Kit didático ZTK900. [8]

- **Interface com entradas digitais:** Manipuladas através de chaves do painel de operação (Esquerda da Figura 3.23);
- **Interface com saídas digitais:** Disponibilizadas através de bornes e sinalizadas através de leds do painel de operação (Direita da Figura 3.23);
- **Interface com entradas analógicas:** manipuladas através de potenciômetros do painel de operação (Esquerda da Figura 3.24);
- **Interface com saída analógica:** disponibilizadas através de bornes do painel de operação (Direita da Figura 3.24);

- **Interface Homem máquina (IHM):** disponibilizadas através da IHM do controlador ZAP900, que será detalhado brevemente, permitindo a supervisão de variáveis de processo, bem como programação de parâmetros e sinalização de eventos e alarmes (Esquerda da Figura 3.25);
- **Acoplamento com sinais de processo externo:** disponibiliza algumas das entradas e saídas (digitais e analógicas) em bornes do tipo banana que permitem a conexão com sensores e atuadores reais, tais como relés, válvulas solenoides, lâmpadas entre outros (Figura 3.26);
- **Canais de comunicação:** disponibiliza canais de comunicação seriais para integração com dispositivos externos, por exemplo, através de protocolos de comunicação MODBUS-RTU e ASCII (Esquerda da Figura 3.27);
- **Fonte de alimentação:** interna (embutida na base do kit), um cabo para energização externa direta, e uma chave liga/desliga (Direita da Figura 3.27). A fonte interna do próprio kit de treinamento disponibiliza alguns sinais em pinos banana que facilitam o acoplamento aos sinais de processo (Direita da Figura 3.25);



Figura 3.23: Entradas e saídas digitais do kit ZTK900. [8]

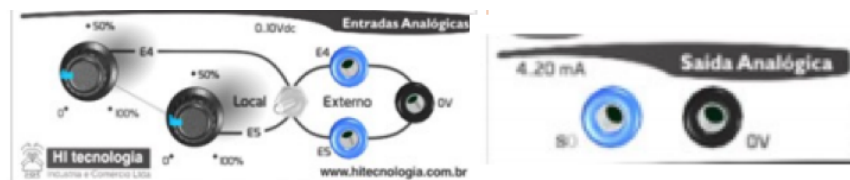


Figura 3.24: Entradas e saídas analógicas do kit ZTK900. [8]

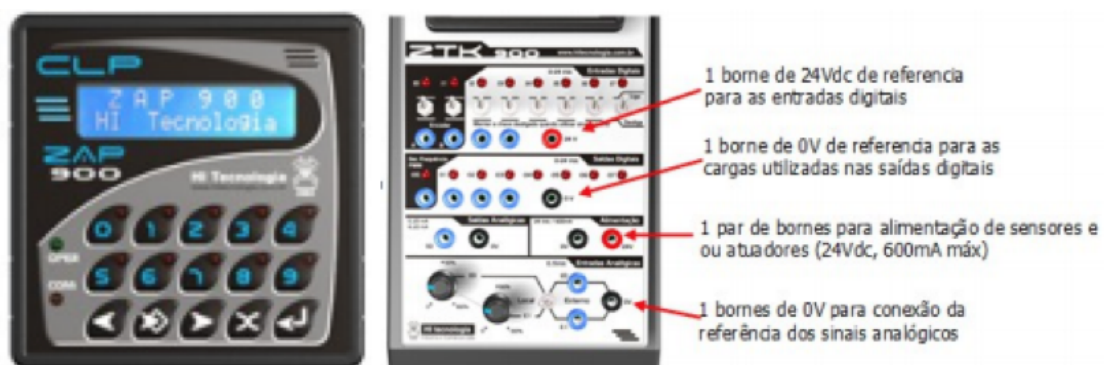


Figura 3.25: Interface homem maquina IHM e Sinais que facilitam o acoplamento ao processo. [8]



Figura 3.26: Sensores e atuadores digitais e analógicos que podem ser acoplados ao ZTK900. [8]

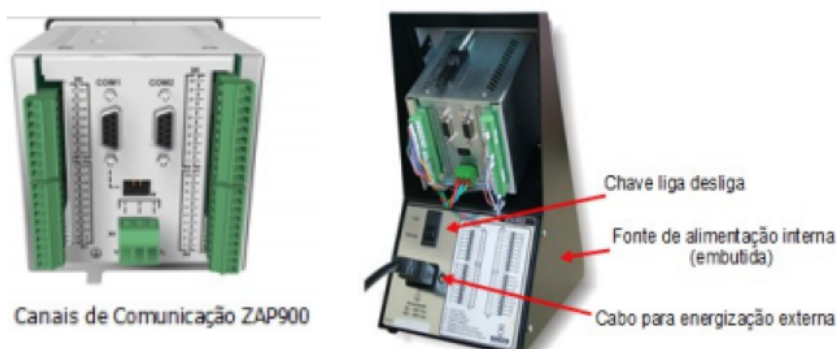


Figura 3.27: Canais de comunicação e fonte de alimentação do ZTK900. [8]

### 3.7.2.1 Ambiente de Programação

A Programação do ZTK900 está associada à programação do controlador ZAP900. Neste caso são utilizados os seguintes aplicativos de programação (Figura 3.28):

- **SPDSW:** ambiente para programação das lógicas de controle e intertravamento da aplicação em diagramas Ladder;
- **OPPE:** ambiente para programação do teclado e das telas de programação e supervisão associadas à interface homem máquina.



Figura 3.28: Ambiente de programação SPDSW e OPPE para kit ZTK900. [8]

### 3.7.2.2 CLP ZAP900

O CLP da família de controladores lógicos programáveis ZAP900 (Figura 3.29) foi desenvolvido para atender aplicações de pequeno e médio porte (aproximadamente 40 pontos de I/O), com a vantagem de apresentar recursos de software encontrados em CLPs de porte e custo muito superior. Possuindo ou não IHM incorporada, a família ZAP900 é fornecida em sua configuração básica com 2 canais de comunicação serial e 16 canais de I/O digitais. Possui suporte para um módulo de expansão adicional podendo atingir até 33 pontos de I/O, incluindo as entradas e saídas analógicas e digitais, interfaces para encoder, contador rápido e saídas geradoras de frequência etc. É uma opção altamente atrativa para o mercado de automação de máquinas, automação predial, sistemas de aquisição, e pequenos processos.



Figura 3.29: CLP ZAP900. [9]

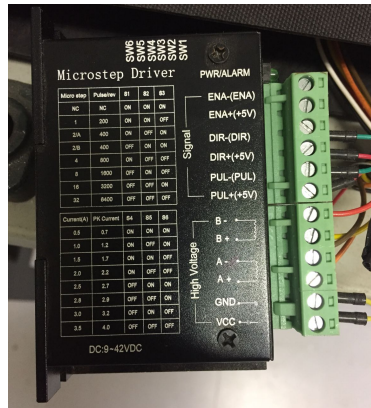


Figura 3.30: Driver do motor de passo

### 3.7.3 *Microstep Driver*

Para controlar o motor de passo bipolar utilizou-se o driver TB6600 Figura 3.30, o TB6600 é compatível com o arduino e outros microcontroladores, sua saída é um pulso digital de 5V. o driver pode controlar velocidade e direção do motor através de chaves em sua lateral. São 7 tipos de micro passos 1,2/A,2/B,4,8,16 e 32. As especificações do driver são [19]:

- Corrente de entrada: 0 a 5A;
- Tensão: 9 a 42V DC;
- Potência máxima: 160 W;
- Corrente de saída: 0.5 a 4 A;
- Temperatura do fluido: -10 a 45 °C;
- Peso: 0.2 Kg;

### 3.7.4 *Motor de Passo*

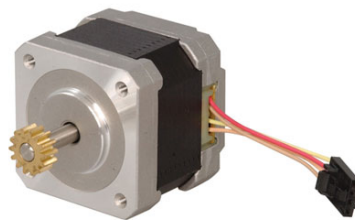


Figura 3.31: Motor de passo

O motor de passo Figura 3.31 é um dispositivo eletromecânico que desloca um ângulo determinado. no motor utilizado esse passo é de 1,8 ° a cada pulso recebido do textitdrive de controle. O númeo de passos que o motor gera, é exatamente igual ao número de pulsos recebidos e a sua

velocidade é igual a frequência de entrada de pulsos. A sua grande vantagem é que são dispositivos simples sem escovas, comutadores e encoders, por esse motivo são baratos e muito precisos [20], sendo essa última característica a razão pela qual se escolheu esse motor para a esteira do projeto.

### 3.7.5 Sensores ópticos reflexivos

No projeto, utilizou-se o sensor por reflexão TCRT5000 que foi escolhido devido ao seu baixo custo e facilidade de ser encontrado. A instalação dos mesmos na bancada é simplificada pois o receptor e o transmissor se encontram no mesmo suporte.



Figura 3.32: Sensor óptico reflexivo TRTC5000

O TCRT5000 contém dois componentes eletrônicos presos em um suporte plástico. O primeiro é um LED (Lighting emissor diode) que emite um feixe de luz infravermelha, não visível, ao olho nu. O segundo componente é um fototransistor que tem o objetivo de capturar o feixe de luz emitido pelo LED infravermelho. O funcionamento desse sensor se assemelha bastante com o transistor, possui um coletor, um emissor e a base que nesse caso é ativada ao receber o feixe de luz infravermelha. O LED emite o feixe que reflete no objeto que estiver na frente do sensor e, então, é detectada pelo fototransistor[10].

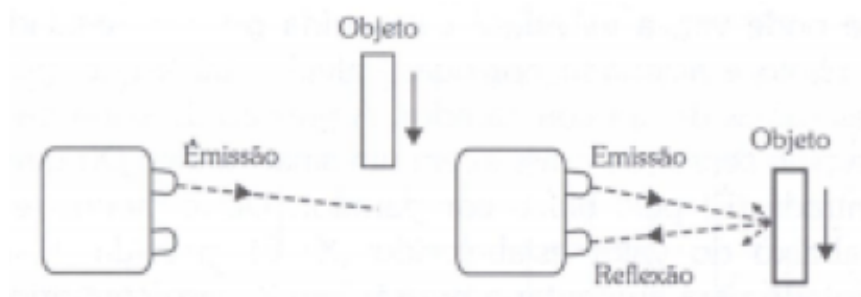


Figura 3.33: Representação esquemática do funcionamento do sensor. [10]



O sensor é influenciado pela cor e o material do objeto a ser detectado, pois como sabemos alguns materiais refletem menos luz do que outros e isso prejudica a detecção do objeto. O TCRT5000 possui quatro pinos, dois do LED e 2 do fototransistor.

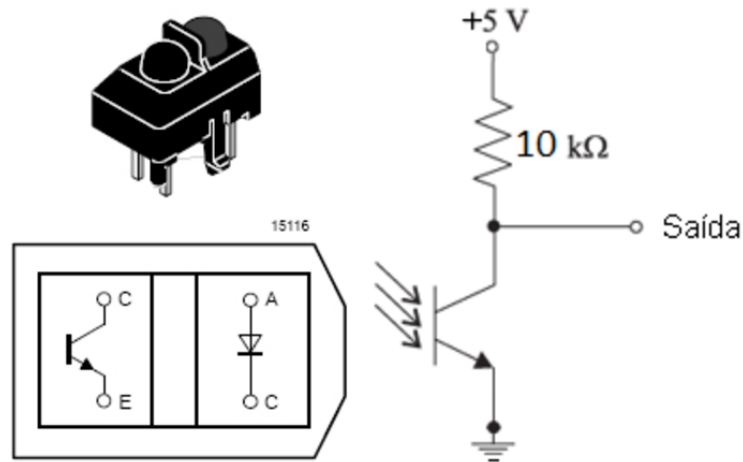


Figura 3.34: Esquemático do TCRT5000. [11]

O funcionamento do TCRT5000 acontece da seguinte forma o LED é ligado quando aplica-se uma tensão, então ele emite um feixe de luz infravermelha. Quando o fototransistor recebe a luz do LED refletida no objeto, essa luz ativa o a base do fototransistor fazendo com que ele conduza corrente entre o coletor e o emissor. Na montagem utilizou-se um resistor de  $10K\Omega$  para limitar a corrente que passa pelo transistor, O sinal de tensão de 5V foi fornecido pelo arduino e cada sinal de saída realizava uma operação diferente na máquina envasadora dependendo de qual sensor era acionado.

### 3.7.6 Módulo de Relés

O modulo relé utilizado foi um módulo de 4 canais, desenvolvido para ser usado em conjunto com o Arduino, porém oferece suporte para outros microcontroladores encontrados no mercado. Este módulo é utilizado para controlar cargas onde a tensão de trabalho é definida acima do suportado pela placa arduino, fazendo com que exista um isolamento para preservar o correto funcionamento do sistema evitando danificar o controle, no caso o arduino. O módulo é alimentado via pinos VCC e GND e possuem também 4 sinais de controle denominados IN1,IN2,IN3,IN4 cada pino controla um relé. A saída do relés são compostas por 3 pinos para cada relé totalizando 12 saídas, as 3 saídas determinam como o relé ira funcionar, um pino representa o comum, outro a saída Normalmente Fechada (NF) e por fim o ultimo representa a saída Normalmente Aberta (NA).

#### 3.7.6.1 Válvula solenóide

A válvula solenóide (Figura 3.36), basicamente tem duas unidades funcionais: O pacote eletromagnético e o corpo de válvula. O pacote eletromagnético, formado por um solenoide e seu



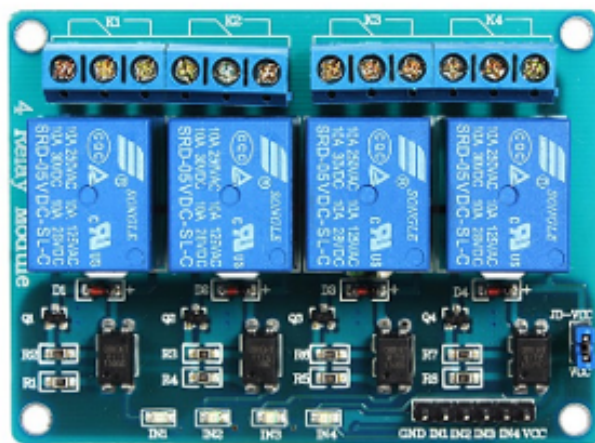


Figura 3.35: Módulo com quatro relés para envio de sinal do Arduino para o CLP Fabricante Songle

núcleo móvel e também o corpo de válvula, nele é que estão contidos os orifícios de entrada e saída, por onde o líquido ira passar. Nos orifícios podem atuar obturadores do tipo agulha, guilhotina de metal, discos de vedação de elastômeros, que são uma classe de polímero, ou Politetrafluoretileno(PTFE), polímero conhecido mundialmente pelo nome de teflon, alguns modelos podem ter o fechamento correção, com anéis de vedação.

O engenheiro, projetista, pode selecionar dentre uma diversa gama de modelos de acordo com os mais diversos tipos de fluidos podendo ser corrosivos ou não, levando em consideração um único requisito de estarem sempre limpos, sem elementos sólidos ou suspensos e com uma viscosidade, em geral, inferior a 60 cSt. Geralmente a faixa de pressão é um intervalo que varia desde o vácuo até pressões máximas que podem variar entre 0,1 a 17 bar, mas, no mercado podemos encontrar modelos que atingem 100 bar. Entretanto em construções especiais esses valores podem ser superados. Já o intervalo de temperatura vai de  $-200^{\circ}\text{C}$  até um máximo de  $180^{\circ}\text{C}$ . Tipos de válvulas solenóides

As válvulas solenóides são classificadas pelo número de entradas e saídas de 2 vias, 3 vias, 4 vias ou 5 vias. Desde o ponto de vista funcional, podem ser monoestáveis ou biestáveis. As monoestáveis desenergizadas, seu solenoide único volta para uma posição estável. Já nas biestáveis contém duas bobinas, uma para cada posição, podem operar com pulsos de corrente. As válvulas de 2 vias monoestáveis que se fecham, quando desenergizadas, são chamadas de Normalmente fechadas. Quando acontece o contrário, ou seja, elas , quando desenergizadas se abrem, são chamadas de normalmente abertas. Dentre as áreas de aplicação, podem se agrupar as válvulas por família, de acordo com o seu uso específico comum ou cobrir alguma área industrial determinada, conforme a sua especificação e parâmetro particular.

Para o projeto usou-se a família de válvula para uso geral, elas são válvulas utilizadas em diversos sistemas e em diferentes áreas industriais que empregam fluidos comuns , como: água, ar, vapor, óleos leves, gases neutros, fluidos criogênicos, desde o vácuo até altas pressões e elevadas temperaturas. Como exemplos de aplicações podemos mencionar: bombas automáticas de combus-

tíveis, bebidas, irrigação automatizada, reguladores de níveis de líquidos, máquinas engarrafadoras, etc. A válvula utilizada aqui pode ser encontrada em máquinas de lavar roupas.

No projeto do bico injetor utilizou-se a válvula solenoide, mostrada na Figura 3.36 com as seguintes características [13]:

- Material: Metal e Plástico;
- Tensão: DC 12V;
- Potência nominal: 5 W;
- Pressão: 0.02 - 1 Mpa;
- Modo de interface: mangueira de 1/2";
- Tempo de trabalho: 5 horas em modo contínuo (Max);
- Classe de isolamento: E;
- Temperatura do fluido: 0-90 °C;
- Tamanho: l x w x h / 80 x 35 x 55mm;
- Diâmetro interno: 14mm.

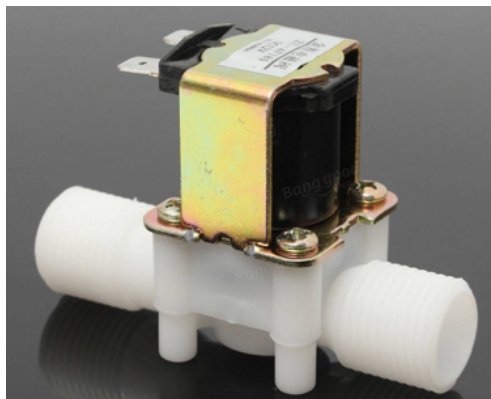


Figura 3.36: Válvula solenóide. [13]

#### 3.7.6.2 Sensor de fluxo

O sensor de fluxo de água (Figura 3.37) é formado por um corpo de plástico, um rotor e um sensor de efeito Hall. O seu funcionamento consiste da seguinte forma, quando a água flui através do rotor o atrito faz com que o rotor gire e isso influencia diretamente na frequência de pulsos e através desses pulsos que são passados para o sensor de efeito hall é possível saber qual é a vazão naquele instante. O sensor de efeito Hall é um transdutor, um transdutor basicamente é um componente capaz de transformar um tipo de energia de entrada em outro de saída. O

sensor Hall responde com uma variação de tensão quando é submetido a um campo magnético. No projeto do bico injetor utilizou-se o sensor de fluxo, mostrada na Figura 3.37 , com as seguintes características[12]:

- Tensão de trabalho: 5-18V DC (mínimo 4.5V);
- Corrente máxima: 15mA com 5V;
- Saída: 5V TTL;
- Taxa de fluxo: 1-30L/min;
- Faixa de Umidade: 35% até 80%;
- Faixa de Temperatura de trabalho: -25 até +80°C;
- Acurácia: +-10%;
- Máxima pressão da água: 2Mpa;
- Ciclo de produção: 50% +/- 10%;
- Conexão: 1/2"
- Características do pulso de fluxo: Frequência (Hz) = 7.5\*taxa de pulso;
- Pulsos por litro: 450;
- Comprimento do cabo: 15cm;
- Tamanho: l x w x h / 2.5"x 1.4"x 1.4".



Figura 3.37: Sensor de Fluxo modelo: YF-S201. [12]

### 3.7.6.3 Servo Motor

O servo motor é um dispositivo eletromecânico que obedece a um sinal de controle indo para a posição desejada, ele é muito utilizado em projetos de automação que exijam controle de movimento, reversão rápida e posicionamento com precisão. Os servos motores se diferenciam das outras classes de motores, sejam eles de corrente alternada ou contínua, tais como os motores de indução, passo, síncrono etc, por possuir incorporado em sua estrutura um encoder e um controlador.

Os servos motores CC possuem ímãs permanentes com escova e são utilizados em pequenos projetos devido ao seu custo, eficiência e simplicidade de controle. [14]. E foi essa a razão principal de utilizar esse modelo de motor no projeto da empacotadora. O servo CC possui um conjunto de cinco componentes, são eles: motor de corrente contínua, potenciômetro, circuito de controle, caixa de engrenagens e caixa do servo. Mais detalhes na Figura 3.38.

- Circuito de controle é responsável pela leitura do potenciômetro e acionamento do motor, obedecendo a posição pré-determinada;
- Potenciômetro é ligado ao eixo de saída do servo e monitora a posição do mesmo;
- Motor CC é responsável pela movimentação das engrenagens e o eixo principal do servo;
- Engrenagens são responsáveis pela redução da rotação do motor, transferir mais torque ao eixo principal de saída;
- Caixa do servo é onde são acondicionadas todas as partes descritas anteriormente.

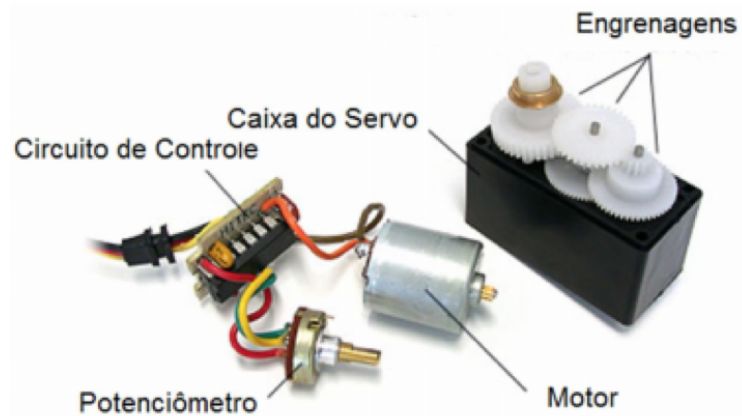


Figura 3.38: Detalhes de um servo motor. [14]

O servo motor é alimentado com tensões de 5V e trabalha com o sinal do tipo PWM (Pulse Width Modulation). Esse sinal pode variar de 0V a 5V. O circuito de controle monitora o sinal em intervalos de 20ms. Se neste intervalo o controle detecta uma alteração do sinal em sua largura ele altera a posição do eixo para que sua posição seja a mesma do sinal recebido.

Para o projeto utilizou-se o micro servo SG90 que pode rodar até 180°, (90° para qualquer direção). As especificações do SG90 são mostradas a seguir[15]:



Figura 3.39: Pulso em um servo motor. [14]

- Peso: 9g;
- Dimensões: 22.2 x 11.8 x 31mm aproximadamente;
- Torque: 1.8 Kgf.cm;
- Tensão de operação: 4.8V até 5V;
- Largura de banda morta: 10 us;



Figura 3.40: Servo motor escolhido para o fechamento da caixa. [15]

O micro servo possui 3 fios, laranja, vermelho e marrom. O fio laranja é o sinal do PWM, o vermelho é o Vcc e o marrom é o GND. A posição "0" com pulso de indica a posição neutra, ou seja, o braço do servo fica no meio. Já o pulso de aproximadamente indica a posição 90° e, por fim, o pulso de indica a posição de -90°.

#### 3.7.6.4 Regulador de tensão LM7805

O regulador de Tensão LM7805 é um regulador de três terminais disponível no encapsulamento TO-220, que fixa a sua saída em 5V aproximadamente. Olhando em suas características no Datasheet, observa-se que com uma tensão de entrada de 7V a 25V a sua saída pode variar entre o mínimo de 4.75V e o máximo de 5.25V.

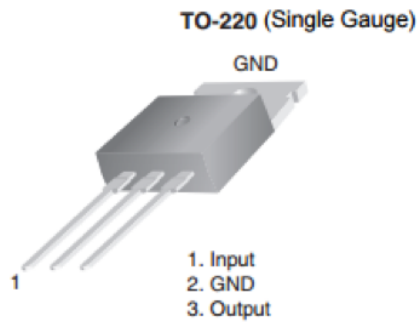


Figura 3.41: Regulador de tensão LM7805. [16]

Symbol	Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$V_O$	Output Voltage	$T_J = +25^\circ\text{C}$	4.8	5.0	5.2	V
		$5\text{mA} \leq I_O \leq 1\text{A}$ , $P_O \leq 15\text{W}$ , $V_I = 7\text{V to } 20\text{V}$	4.75	5.0	5.25	

Figura 3.42: Características do regulador de tensão LM7805. [16]

Regline	Line Regulation <sup>(4)</sup>	$T_J = +25^\circ\text{C}$	$V_I = 8\text{ V to } 25\text{ V}$		5.0	120.0	mV
			$V_I = 9\text{ V to } 13\text{ V}$		1.5	60.0	
Regload	Load Regulation <sup>(4)</sup>	$T_J = +25^\circ\text{C}$	$I_O = 5\text{ mA to } 1.5\text{ A}$		9.0	120.0	mV
			$I_O = 250\text{ mA to } 750\text{ mA}$		3.0	60.0	
$I_Q$	Quiescent Current	$T_J = +25^\circ\text{C}$			5	8	mA

Figura 3.43: Características da corrente do regulador de tensão LM7805. [16]

### 3.8 Preparação do ambiente de programação Ladder

Para simular e testar o diagrama Ladder no SPDSW, que é o programa usado no CLP ZAP900, configurou-se o computador para aceitar a comunicação via cabo ethernet cat6 com 2 conectores RJ-45 em configuração crossover. Um cabo crossover é um cabo de rede com par trançado que possibilita a ligação de dois computadores sem a necessidade de um Hub ou Switch.

Conectou-se o cabo no computador e no CLP, então abriu-se o painel de controle, central de rede e compartilhamento, opções de internet. Clicando em opções de internet a janela status de ethernet foi aberta, depois seguiu-se em propriedades e definiu-se as configurações de TCP/IPV4 como mostradas na Figura 3.44.

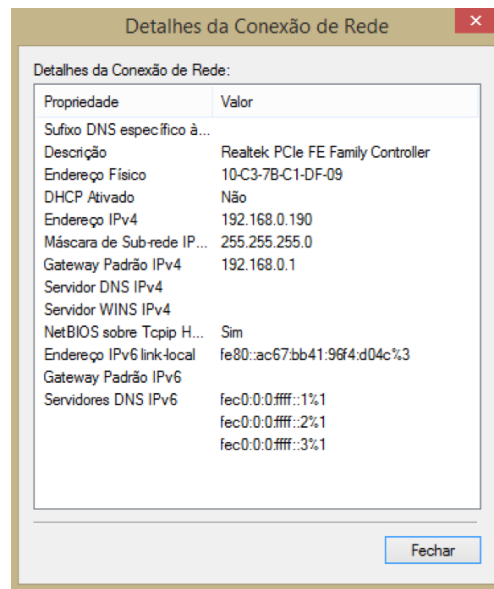


Figura 3.44: Tela de configuração de rede do Windows para comunicar com o CLP via Ethernet

Já no SPDSW, Figura 3.45, foi utilizado o seguinte caminho Ferramentas, comunicação, configurar, setup de comunicação. Na aba Ethernet os parâmetros foram atribuídos, como mostrados na Figura 3.46.



Figura 3.45: Tela de interface de programação do SPDSW

Configuração do driver de comunicação

Servidor Drivers Ethernet

Parâmetros para acesso via ethernet

Protocolo de transporte  
TCP/IP

IP de equipamento  
192.168.0.214

Máscara de rede  
255.255.255.0

Porta  
2016

IP do Gateway  
192.168.0.1

Default

Cancela

Confirma

Figura 3.46: Parâmetros do setup de comunicação do SPDSW com o CLP ZAP900



## Capítulo 4

# Testes Realizados e Resultados Obtidos

*Este capítulo apresenta informações detalhadas a respeito dos testes utilizados no projeto, e os resultados da construção do módulo envasador.*

Com todas as ferramentas descritas anteriormente, iniciou-se a montagem física da estrutura da máquina envasadora. Montou-se os rolamentos nos mancais, cortou-se os tubos metálicos, que vieram a ser os apoios rolantes para a esteira. Em seguida furou-se onde os suportes para a guia, a parte superior foi devidamente parafusada assim como o suporte para o pistão e o reservatório, nesse suporte foi fixado o pistão e o bico injetor com a guia para que o bico injetor não desvie a direção de seu movimento de descida e subida.

Com toda estrutura pronta passou-se então a fazer a parte de instrumentação eletrônica da máquina, realizando a fixação dos sensores ópticos nas guias. Com os sensores nas suas posições devidas testou-se com a ajuda do multímetro e uma fonte de 5V, se todos os sensores estavam conseguindo detectar a presença de objetos. Foi realizado os seguintes testes com o bico injetor testando sua sensibilidade ao fluxo de líquido e sua exatidão, partindo da informação de pulsos por litro encontrada no *datasheet*, realizou-se então a calibração do sensor e testou-se para um volume de 200ml.

No teste do pistão pneumático, foram encontrados alguns problemas dentre eles válvulas defeituosas, com isso a máquina envasadora teve uma modificação feita, foi retirado o cilindro de entrada de garrafas na esteira, constando apenas no escopo geral do projeto. Programou-se o arduino e o CLP, para os testes gerais da esteira, ou seja para ver se a esteira conseguiria identificar a presença da garrafa, ligar o motor levando a garrafa até o sensor de meio do curso, parar a esteira, esperar um determinado tempo simulando o enchimento da garrafa e então religar o motor e levar a garrafa para o final da esteira, podendo assim, repetir o ciclo. Filmou-se um vídeo de teste, que mostrou o correto funcionamento dessa etapa.

### 4.1 Análise econômica

Em comparação com máquinas industriais encontradas no mercado o módulo construído teve seu custo bastante baixo, uma envasadora profissional custa em torno de R\$ 8.000,00 enquanto a

envasadora comissionada teve seu valor total de R\$ 931,18 Tabela:(4.1). Vale ressaltar que essa comparação é puramente financeira já que a capacidade de produção de uma máquina industrial é muito superior ao módulo projetado. No princípio do projeto cogitou-se a possibilidade de adquirir um bico injetor profissional porém o seu custo é muito elevado, aproximadamente R\$ 800,00 o que levou a construção de um protótipo utilizando os sensores e válvulas com um valor acessível.

Tabela 4.1: Tabela de custos com materiais para construção da máquina empacotadora.

Material	Preço
Rolamentos	R\$ 240,00
Hidráulica	R\$ 135,56
Eixos da esteira	R\$ 14
Esteira	R\$ 69,80
Sensores IR	R\$ 10,80
Driver, Sensor de Fluxo e Válvula solenoide	R\$ 250
Parafusos, porcas e arruelas	R\$ 55,7
Placas universal e bornes	R\$ 15,5
Adaptador para o reservatório	R\$ 13,5
Arduino	R\$ 55
Motor de Passo	R\$ 71,32
Total	R\$ 931,18

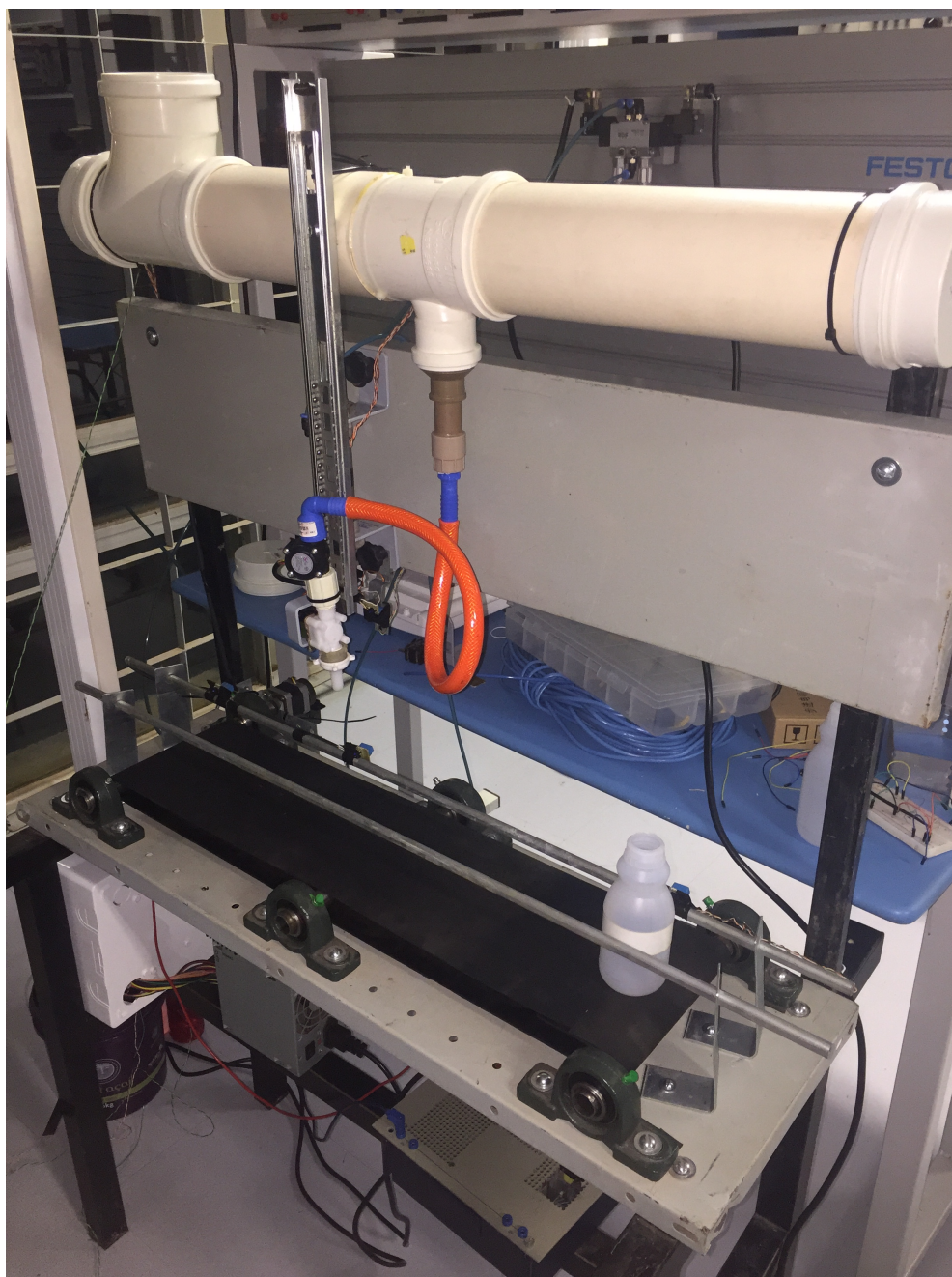


Figura 4.1: Foto do módulo envasador comissionado

## Capítulo 5

# Conclusões e Perspectivas Futuras

Os testes foram realizados de maneira satisfatória tanto o de acionamento da esteira quanto o de sensoramento, que mostra o que a esteira tem que fazer dependendo de qual sensor é acionado. Já o bico injetor foi calibrado e testado em uma bancada separada mostrando que sua precisão é razoável, em torno de 10%, que é um valor aceitável para um sensor de custo tão acessível.

Tendo em vista a pouca disponibilidade de verba para a realização de um projeto mais completo, aferiu-se as possíveis modificações futuras para melhorar e modernizar o projeto dentre elas pode-se citar poder trocar nas configurações dos módulos a variação de medição por tempo com vazão fixa e usando medidas de fluxo, a troca da esteira por uma esteira profissional em que a passagem da emenda não cause trepidação na máquina, o motor de passo pode ser substituído por um motor de indução trifásico onde operação de maneira mais robusta e confiável, a troca do arduino e sensores ligados a ele por outros sensores mais robustos que seriam ligados diretamente no CLP não causando a redundância de controladores como ocorre na máquina atual, inclusão de mais 2 bicos injetores para aumentar a capacidade de operação da envasadora.

Já na máquina empacotadora pode-se realizar a montagem física do projeto apresentado nesse relatório. Depois de montada pode-se realizar a integração dos 3 módulos: o módulo envasador, o módulo tampador e o módulo empacotador e também implantar uma malha de realimentação afim de aplicar um controle em tempo real, construindo, assim, o processo inteiro desde a chegada da garrafa vazia até o empacotamento das garrafas cheias podendo também desenvolver uma IHM para melhor visualização do processo juntamente com um manual de experimentos para a bancada que era o propósito inicial desse trabalho porém não houve tempo hábil para completar esse tópico. Esse projeto completo irá ajudar no processo de aprendizagem e solidificação do conteúdo de diversas disciplinas e servir de incentivo aos alunos do curso de engenharia mecatrônica.

# Referências Bibliográficas

- [1] SIEMENS. disponível em: **site**,<http://www.industry.siemens.com/datapool/industry/automation/Tech-Art/2011/Region-USA-Solvere/Bild0.JPG>, acesso em 2016.
- [2] KAUFMANN. Esteira disponível em: **site**,<http://www.kaufmann.com.br/esterias-trasportadoras.html>, acesso em 2016
- [3] JAPA. disponível em: **site**,<http://www.japacomponentes.com.br/produtos.html>, acesso em 2016
- [4] INLINE FILLING SYSTEMS, INC. disponível em: **site**,<http://www.cappingmachine.com>, acesso em 2016
- [5] SCHENCK ROTECH. disponível em: **site**,<http://www.schenck-rotec.com.br/products/products/440-KBTU.php> acesso em 2016
- [6] ROCKWELL AUTOMATION. Automação de processos industriais. **apostila**.EPUSP
- [7] ARDUINO. disponível em: **site**:<https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>, acesso em 2016
- [8] HI TECNOLOGIA. versão 2014. **Manual**. kit de treinamento ztk900 HI Tecnologia indústria e comércio Ltda.
- [9] HI TECNOLOGIA. ZAP900 Controlador Lógico Programável ZAP900/901. **Manual** 2010.Revisão 19.
- [10] FIALHO, Arivelto.. **Automação Pneumática projetos, dimensionamento e Análise de Circuitos**, 2.ed. Érica,2004.
- [11] SENSOR ÓPTICO REFLEXIVO.disponível em: **site**:<http://blog.fazedores.com/sensor-optico-reflexivo-tcrt5000-com-arduino/> acesso em 2016
- [12] SENSOR DE FLUXO. disponível em: **site**:<http://img.filipeflop.com/files/download/Datasheet-YF-S201.pdf> acesso em 2016
- [13] VALVULA SOLENÓIDE.disponível em: **site**:<http://www.vinitronica.com.br/pd-1b2c63-valvula-solenoid-3-4-12v.html> acesso em 2016

- [14] MOTOR DE PASSO.disponível em: **site:**<http://blog.filipeflop.com/motores-e-servos/video-controle-de-servo-motor-sem-biblioteca.html> acesso em 2016
- [15] SERVO MOTOR.disponível em: **site:**<http://akizukidenshi.com/download/ds/towerpro/SG90.pdf> acesso em 2016
- [16] REGULADOR DE TENSÃO.disponível em:  
**site:**<https://www.fairchildsemi.com/datasheets/LM/LM7805.pdf> acesso em 2016
- [17] FRESAGEM E TRANSPORTE .disponível em:  
**site:**<http://www.schenck-rotec.com.br/products/products/440-KBTU.php> acesso em 2016
- [18] PRENSA.disponível em:  
**site:**<http://tecnoblogueando.blogspot.com.br/2013/06/prensa-y-elevador-hidraulico-principio.html> acesso em 2016
- [19] TOSHIBA. disponível em: **site,**<https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/TB6600-Stepper-Motor-Driver-SKU:-DRI0043> acesso em 2016.
- [20] SHINANO KENSHI. disponível em: **site,** <http://www.jameco.com/z/STP-42D201-37-Shinano-Kenshi-12-Volt-1-8-Step-Angle-Bipolar-Stepper-Motor-2158531.html> acesso em 2016.

# ANEXOS

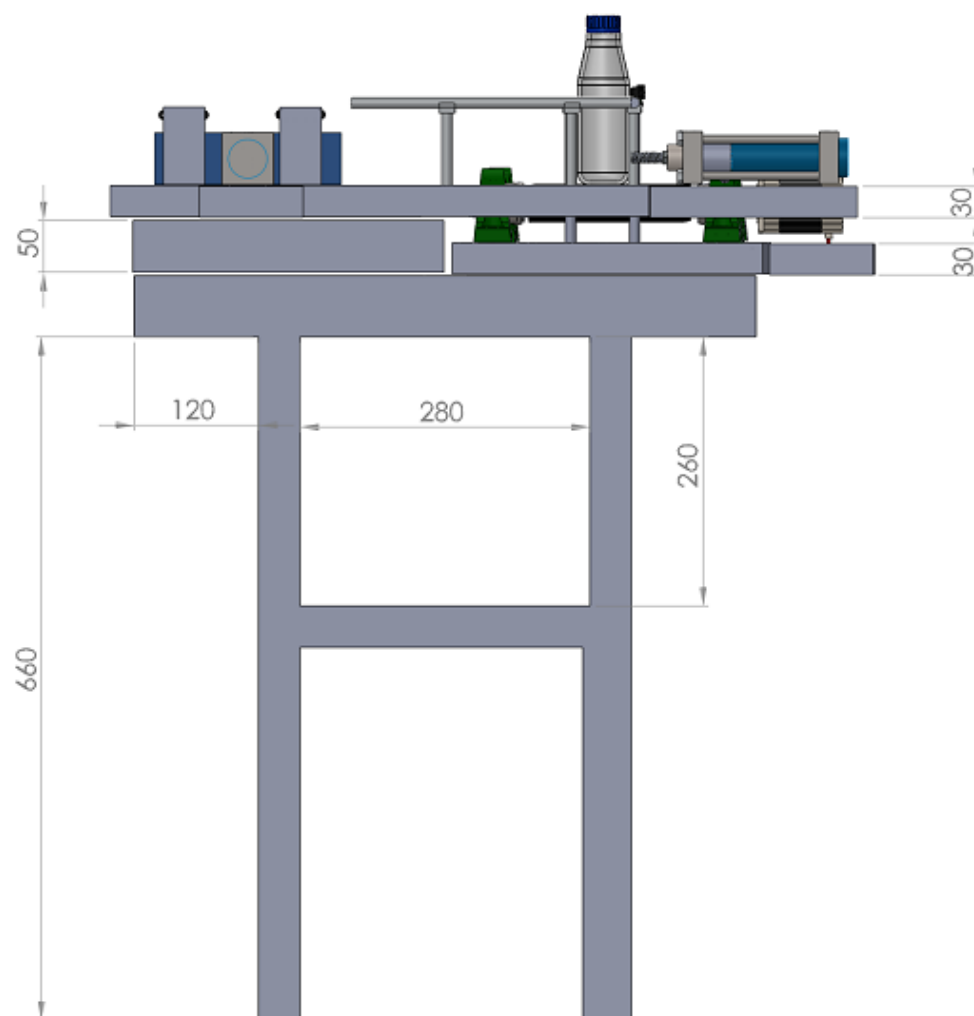


Figura 1: Cotação da Vista Frontal Empacotadora





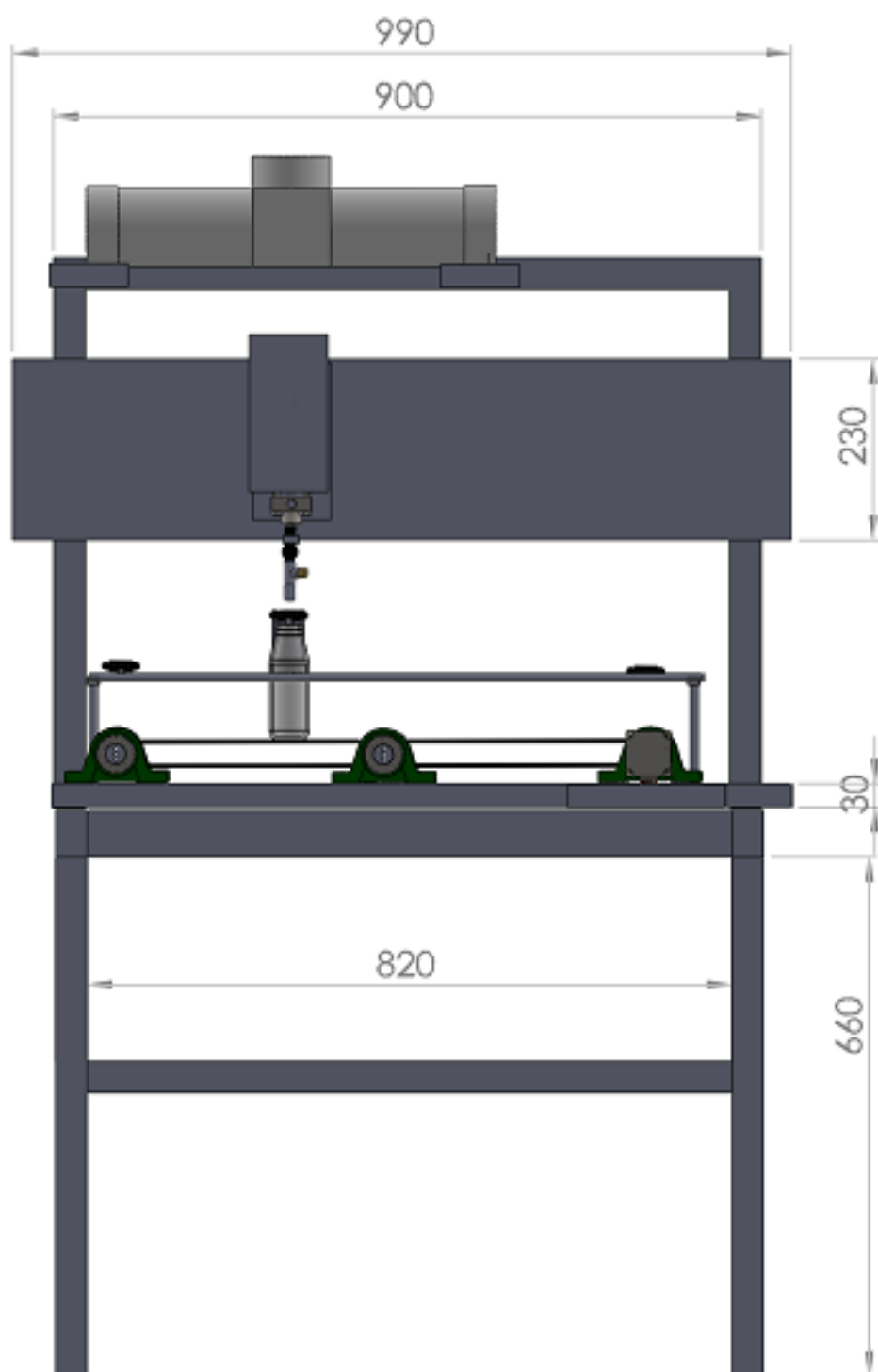


Figura 3: Cotação da Vista Frontal Envasadora

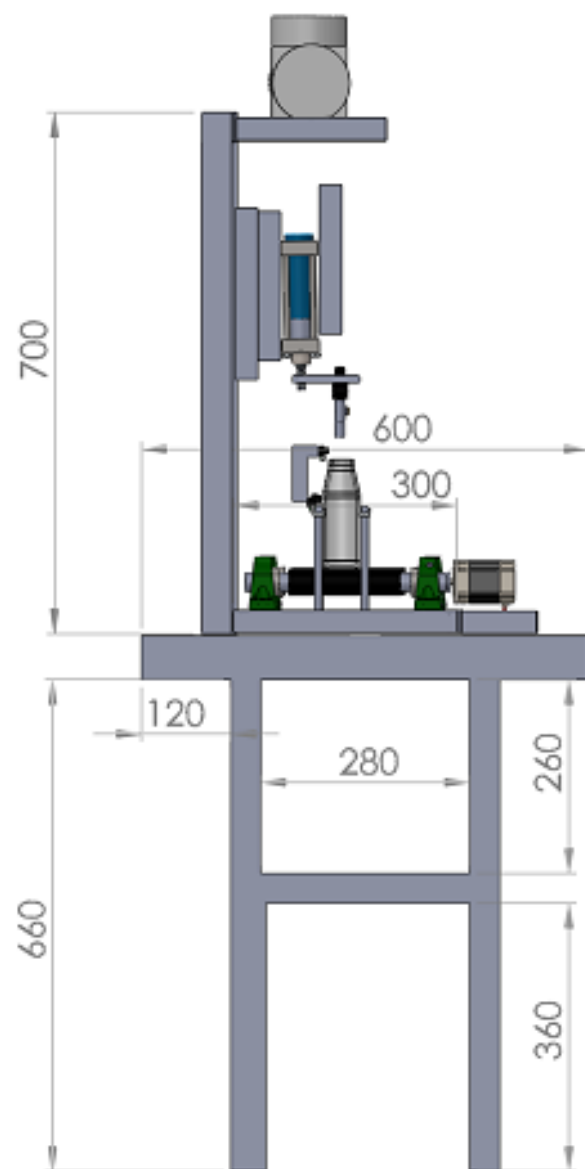


Figura 4: Cotação da Vista Lateral Envasadora

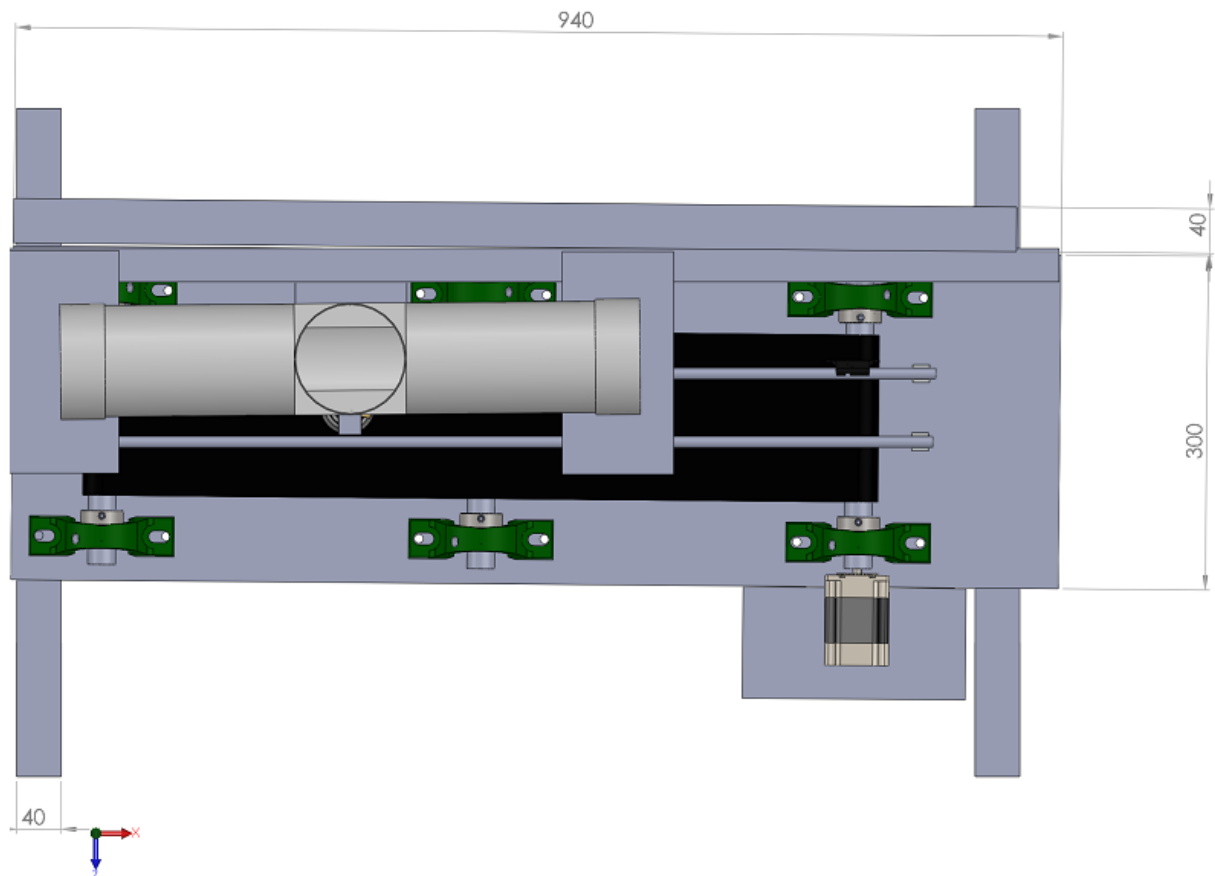


Figura 5: Cotação da Vista Superior Envasadora

## I.1 Descrição do conteúdo do CD

No CD encontra-se os seguintes arquivos:

- Cópia em PDF deste relatório;
- Código fonte do programa embarcado no arduino;
- Código Ladder embarcado no CLP, tanto para o módulo envasador quanto para o empacotador;
- Desenhos dos módulos no SolidWorks;

## I.2 Programas utilizados

Para desenvolver os projetos dos módulos envasador e empacotador foram utilizados os seguintes programas:

- SolidWorks 2013: onde foram desenvolvidos todos os desenhos 3d dos módulos, essa ferramenta foi muito utilizada pois facilitou no processo de comissionamento da máquina envasadora já que por meio dela se obteve uma visão prévia das dificuldades técnicas que seriam encontradas na montagem real da estrutura;
- FluidDraw S5: onde foi realizado todo projeto e simulação do sistema pneumático dos módulos;
- Aplicação online onde foram desenhados todos os diagramas usados no projeto;
- IDE de programação Arduino versão 1.6.9 onde todo o código de controle da esteira foi implementado;
- SPDSW: ambiente de programação e simulação da lógica Ladder;